



**Diogo Filipe Valente Freitas**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **INTEGRAÇÃO DE PRINCÍPIOS ERGONÓMICOS EM *LEAN* SEIS SIGMA NUMA INDÚSTRIA ALIMENTAR**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

**Orientadora:** Professora Doutora Isabel Maria Nascimento Lopes Nunes,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Júri:

Presidente: Doutor Virgílio António Cruz Machado  
Arguente: Doutor João Carlos de Oliveira Matias  
Vogal: Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes  
Vogal: Engenheiro Vicente Manuel Fiúza da Silva Pedro Nunes



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Março de 2014**



**Diogo Filipe Valente Freitas**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**INTEGRAÇÃO DE PRINCÍPIOS ERGONÓMICOS  
EM *LEAN* SEIS SIGMA NUMA INDÚSTRIA  
ALIMENTAR**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

**Orientadora:** Professora Doutora Isabel Maria Nascimento Lopes Nunes,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Júri:

Presidente: Doutor Virgílio António Cruz Machado  
Arguente: Doutor João Carlos de Oliveira Matias  
Vogal: Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes  
Vogal: Engenheiro Vicente Manuel Fiúza da Silva Pedro Nunes

**Março de 2014**



# **Integração de princípios ergonómicos em *Lean* Seis Sigma numa indústria alimentar**

Copyright©: Diogo Filipe Valente Freitas, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

Sendo este o culminar do meu percurso académico, deixo aqui o meu profundo agradecimento a todos os que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço à Professora Doutora Isabel Nunes pela sua orientação criteriosa, disponibilidade e empenho demonstrados ao longo deste trabalho.

Agradeço ao Engenheiro Vicente Pedro Nunes por tornar este projeto possível através das condições, acompanhamento e por todos os conhecimentos transmitidos ao longo deste trabalho.

A toda a equipa de produção da Riberalves em destaque ao Engenheiro Hugo Costa pelos ensinamentos relativos ao funcionamento do processo produtivo da empresa e ao Engenheiro João Domingues, por todo o trabalho em equipa.

A todos os meus amigos, que me encaminharam e ajudaram ao longo da minha vida.

Agradeço à minha família. Em especial ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã por me transmitirem a educação e valores que tenho hoje em dia, pelo apoio, compreensão e investimento na minha pessoa.

À Raquel, por tudo.





## Resumo

A presente dissertação tem como pilares a filosofia de gestão *Lean Seis Sigma* e a Ergonomia, devido à sua importância para o bom funcionamento das organizações. Através dos princípios da filosofia *Lean Seis Sigma* são eliminados os desperdícios, por via da redução das atividades que não acrescentam valor ao produto, e reduzida a variabilidade e o número de ocorrência de falhas, criando assim bons níveis de produtividade. No entanto, este aumento do nível produtivo das organizações pode criar um aumento da tensão fisiológica e psicológica nos trabalhadores.

Sendo a Ergonomia uma ciência orientada para a saúde e bem-estar em ambientes de trabalho, esta deixa o seu contributo através do zelo pela adaptação dos postos de trabalho aos trabalhadores e redução dos riscos causados por falta de adaptação ergonómica. Com o contributo da Ergonomia é possível promover a maximização do desempenho do sistema produtivo e a motivação dos trabalhadores no seio das organizações.

A integração de princípios ergonómicos na filosofia de gestão *Lean Seis Sigma* possibilita um aumento de produtividade sem comprometer o bem-estar dos trabalhadores, criando desta forma um ambiente saudável e motivacional dentro das organizações.

Esta dissertação baseia-se no estudo do processo produtivo da empresa Riberalves – Comércio e Indústria de Produtos Alimentares, S.A., e na implementação dos princípios *Lean Seis Sigma* e Ergonómicos para melhoria da eficiência do processo produtivo. Para abordar as oportunidades de melhoria foi criada a metodologia DMAIC\_erg, que consiste na inclusão de princípios ergonómicos nas diferentes etapas da metodologia DMAIC.

Este estudo demonstrou ser uma mais-valia para a empresa, na medida em que foram alcançados todos os objetivos inicialmente definidos. Os resultados obtidos refletiram-se na produtividade, capacidade produtiva, organização e no bem-estar percebido pelas operadoras da Riberalves.

Palavras-chave: *Lean*, Seis Sigma, Ergonomia, DMAIC, eficiência, produtividade.



## **Abstract**

Lean Six Sigma and Ergonomics are the pillars of this dissertation, due to its importance in the functioning of organizations. Through Lean Six Sigma the waste is eliminated, by the reduction of activities that don't add value to the product, thus creating good productivity levels. However, this increase of productivity can generate also a physiological and psychological stress increment on workers.

Ergonomics is a science-oriented to the health and wellness in the workplace, so its contribution is through watching over the adaptation of employment to the workers, by reducing risks caused by a lack of ergonomics adjustment. With the value added of Ergonomics are observed good performance and motivational levels within organizations.

The integration of Ergonomic principles in Lean Six Sigma enables a productivity increase without compromising workers wellbeing, thus creating a healthy and motivational environment within organizations.

This dissertation consists of studying the production system of the company Riberalves, and applying Lean Six Sigma and Ergonomic principles to improve the production process efficiency. To develop the improvement opportunities was created the DMAIC\_erg methodology, which is the inclusion of Ergonomic principles in the different stages of DMAIC methodology.

This study proved to be an asset to the company, insofar as all initial defined goals were achieved. The goals were reflected in productivity, production capacity and well-being perceived by the Riberalves workers.

**Keywords:** Lean, Six Sigma, Ergonomics, DMAIC, efficiency, productivity.



## Índice

1.	Introdução .....	- 1 -
1.1.	Enquadramento.....	- 1 -
1.2.	Objetivos .....	- 2 -
1.3.	Metodologia .....	- 2 -
1.4.	Estrutura da dissertação .....	- 3 -
2.	<i>Lean</i> Seis Sigma e Ergonomia.....	- 5 -
2.1.	Filosofia <i>Lean</i> .....	- 5 -
2.1.1.	Princípios da filosofia <i>Lean</i> .....	- 9 -
2.1.2.	Principais fontes de desperdício.....	- 11 -
2.1.3.	Vantagens e benefícios da implementação da filosofia <i>Lean</i> .....	- 12 -
2.1.4.	Entraves à implementação da filosofia <i>Lean</i> nas organizações.....	- 13 -
2.2.	Filosofia Seis Sigma .....	- 14 -
2.2.1.	Vantagens e desvantagens da aplicação da filosofia Seis Sigma.....	- 15 -
2.2.2.	Metodologia DMAIC.....	- 16 -
2.3.	<i>Lean</i> Seis Sigma .....	- 18 -
2.4.	Ergonomia .....	- 18 -
2.5.	<i>Lean</i> Seis Sigma e Ergonomia .....	- 20 -
3.	Metodologia .....	- 23 -
3.1.	Ciclo DMAIC_erg .....	- 24 -
3.2.	Procedimento utilizado .....	- 33 -
4.	Apresentação da empresa .....	- 37 -
4.1.	Riberalves.....	- 37 -
4.2.	Descrição do processo produtivo .....	- 38 -
5.	Aplicação de princípios de melhoria contínua .....	- 45 -
5.1.	Identificação das oportunidades de melhoria .....	- 45 -
5.2.	Aplicação da metodologia DMAIC_erg .....	- 46 -
5.2.1.	<i>Define</i> .....	- 47 -
5.2.2.	<i>Measure</i> .....	- 52 -

5.2.3.	<i>Analyze</i> .....	- 57 -
5.2.4.	<i>Improve</i> .....	- 65 -
5.2.5.	<i>Control</i> .....	- 74 -
6.	Conclusões e trabalho futuro .....	- 77 -
6.1.	Conclusões .....	- 77 -
6.2.	Barreiras encontradas .....	- 80 -
6.3.	Trabalho futuro .....	- 81 -
	Referências Bibliográficas .....	- 83 -

## Índice de Figuras

Figura 2.1 – TPS (adaptado de <i>Liker</i> , 2004).....	- 7 -
Figura 2.2 – Efeito esperado com a implementação da filosofia <i>Kaizen</i> .....	- 8 -
Figura 2.3 – Ferramentas e metodologias que suportam os princípios <i>Lean</i> .....	- 9 -
Figura 2.4 – Princípios da filosofia <i>Lean</i> (adaptado de Womack et al., 2007).....	- 10 -
Figura 2.5 – Representação dos 8 tipos de desperdício .....	- 12 -
Figura 2.6 – Benefícios da implementação da produção <i>Lean</i> (adaptado de Melton, 2005).....	- 13 -
Figura 2.7 – Diagrama ilustrativo da metodologia DMAIC (adaptado de Montgomery & Woodall, 2008).....	- 16 -
Figura 2.8 – Relação entre Ergonomia e produtividade (Nunes, I.L., 2002).....	- 21 -
Figura 3.1 – Metodologia usada no desenvolvimento da dissertação .....	- 23 -
Figura 3.2 – Representação da metodologia DMAIC_erg .....	- 24 -
Figura 3.3 – Objetivo da ferramenta SMED .....	- 27 -
Figura 3.4 – Método de cálculo da equação de <i>Niosh</i> .....	- 28 -
Figura 3.5 – Representação das medidas de referência (Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994).....	- 29 -
Figura 3.6 – Ferramenta 5S (adaptado de <i>Osada</i> , 1991).....	- 32 -
Figura 3.7 – Procedimento seguido na fase <i>Define</i> .....	- 33 -
Figura 3.8 – Questionário realizado às operadoras .....	- 34 -
Figura 3.9 – Procedimento seguido na fase <i>Measure</i> .....	- 34 -
Figura 3.10 – Procedimento seguido na fase <i>Analyze</i> .....	- 35 -
Figura 3.11 – Procedimento seguido na fase <i>Improve</i> .....	- 35 -
Figura 3.12 – Procedimento seguido na fase <i>Control</i> .....	- 36 -
Figura 4.1 – Organigrama da empresa Riberalves .....	- 38 -
Figura 4.2 – Fluxograma do processamento de bacalhau .....	- 39 -
Figura 4.3 – Disposição das paletes de congelado em redor dos tanques de descongelação.....	- 40 -
Figura 4.4 – Tanques de descongelação do bacalhau .....	- 40 -
Figura 4.5 – Operadora a colocar o bacalhau na máquina de escala .....	- 41 -
Figura 4.6 – Limpeza do bacalhau.....	- 41 -
Figura 4.7 – Colocação de bacalhau e sal no interior das tinas.....	- 42 -
Figura 4.8 – Zona de maturação .....	- 42 -
Figura 4.9 – Lavagem do bacalhau.....	- 43 -
Figura 4.10 – Túneis de secagem de bacalhau.....	- 43 -
Figura 4.11 – Embalamento de bacalhau seco.....	- 44 -
Figura 4.12 – <i>Layout</i> simplificado com o fluxo produtivo da Riberalves .....	- 44 -
Figura 5.1 – Levantamento das oportunidades de melhoria do processo produtivo da Riberalves ..	- 46 -
Figura 5.2 – Mapa resumo das oportunidades de melhoria prioritárias .....	- 47 -



Figura 5.3 – Resultado da ferramenta VOC .....	- 48 -
Figura 5.4 – Resultado da ferramenta VOE.....	- 49 -
Figura 5.5 – Resultado da ferramenta CTQ <i>tree</i> aos processos em estudo .....	- 49 -
Figura 5.6 – Ligação das naturezas das oportunidades de melhoria com os processos a melhorar ..	- 50 -
Figura 5.7 – Ambiente de trabalho percecionado pelas operadoras (n=15) .....	- 52 -
Figura 5.8 – Condições de trabalho percecionadas pelas operadoras (n=15) .....	- 53 -
Figura 5.9 – Carga física percecionada pelas operadoras (n=15).....	- 53 -
Figura 5.10 – Causas da fadiga enunciadas pelas operadoras (n=15) .....	- 54 -
Figura 5.11 – VSM da Riberalves .....	- 55 -
Figura 5.12 – Abastecimento dos tanques de descongelação.....	- 57 -
Figura 5.13 – Sujidade acumulada na zona de <i>Limpeza AB</i> .....	- 61 -
Figura 5.14 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> aplicado ao problema de <i>Higienização</i> .....	- 61 -
Figura 5.15 – Disposição das caleiras de recolha de sujidade nos processos <i>Escala e Limpeza AB</i>	- 62 -
Figura 5.16 – Colocação de sal.....	- 63 -
Figura 5.17 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> do processo da <i>Salga</i> .....	- 63 -
Figura 5.18 – Nova linha de <i>Abastecimento</i> dos tanques de descongelação .....	- 66 -
Figura 5.19 – Carga física percecionada pelas operadoras no abastecimento dos tanques.....	- 67 -
Figura 5.20 – Eliminação do afiador no posto de trabalho .....	- 68 -
Figura 5.21 – Organização do posto de trabalho .....	- 68 -
Figura 5.22 – <i>Layout</i> das caleiras de recolha de sujidade .....	- 69 -
Figura 5.23 – Caleira de recolha da sujidade.....	- 69 -
Figura 5.24 – Salgadores automáticos .....	- 70 -
Figura 5.25 – Comparação da carga física percecionada pelas operadoras na <i>Salga</i> .....	- 71 -
Figura 5.26 – VSM com as melhorias implementadas .....	- 72 -
Figura 5.27 – Norma para <i>Higienização</i> dos postos de trabalho.....	- 75 -
Figura 5.28 – Norma para <i>Salga</i> do bacalhau.....	- 75 -
Figura 5.29 – Indicador de produtividade da <i>Salga</i> do bacalhau .....	- 76 -
Figura 6.1 – Melhoria observada no aproveitamento do tempo das operadoras .....	- 80 -

## Índice de Tabelas

Tabela 1.1 – Calendarização do planeamento das atividades no decorrer da dissertação .....	- 3 -
Tabela 2.1 – Comparação de produção em massa com produção <i>Lean</i> (adaptado de Melton, 2005) -	6 -
Tabela 3.1 – Multiplicador de frequência (Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994) .....	- 29 -
Tabela 3.2 – Qualidade interface mão-objeto (adaptado de Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994) -	30 -
Tabela 3.3 – Multiplicador de interface (adaptado de Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994) .....	- 31 -
Tabela 3.4 – Avaliação do valor do Índice de Levantamento .....	- 31 -
Tabela 4.1 – Aplicação da ferramenta SIPOC na empresa Riberalves .....	- 39 -
Tabela 5.1 – Resumo das ferramentas e metodologias utilizadas na aplicação do DMAIC_erg em cada processo.....	- 47 -
Tabela 5.2 – <i>Project Charter</i> do projeto.....	- 51 -
Tabela 5.3 – Dados necessários para traçar o VSM.....	- 54 -
Tabela 5.4 – Representação dos KPIs.....	- 56 -
Tabela 5.5 – Registo das medidas observadas no processo de <i>Abastecimento</i> .....	- 58 -
Tabela 5.6 – Equação de <i>Niosh</i> aplicada ao <i>Abastecimento</i> .....	- 58 -
Tabela 5.7 – Desempenho das operadoras com e sem auxílio de um empilhador.....	- 60 -
Tabela 5.8 – Registo das medidas observadas na <i>Salga</i> .....	- 64 -
Tabela 5.9 – Equação de <i>Niosh</i> aplicada à <i>Salga</i> .....	- 64 -
Tabela 5.10 – Comparação dos KPIs.....	- 73 -
Tabela 6.1 – Evolução das medidas de desempenho dos processos.....	- 78 -



## **Lista de abreviaturas**

CLR – Carga Limite Recomendada

CTQ *tree* – *Critical To Quality tree*

DMAIC – *Define, Measure, Improve, Control*

DMAIC\_erg – *Define, Measure, Improve, Control* com integração da Ergonomia

FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

KPI – *Key Performance Indicators*

JIT – *Just-In-Time*

LI – Índice de Levantamento

Limpeza AB – Limpeza de Asa-Branca (Processo)

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

SIPOC – *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*

SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

VOC – *Voice Of Customer*

VOE – *Voice Of Employee*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work In Progress*



# 1. Introdução

---

Através do presente capítulo pretende fazer-se uma introdução ao trabalho desenvolvido. Numa primeira fase é feito o enquadramento do tema e respetiva explicação da metodologia utilizada, bem como os objetivos a alcançar. Por fim, será apresentada a estrutura da dissertação para uma melhor visão global da mesma.

## 1.1. Enquadramento

Nos dias que correm, o mercado em geral encontra-se num aumento constante de competitividade, pelo que as empresas sentem uma necessidade contínua de melhoria a todos os níveis, como seja ao nível dos processos, da estratégia adotada ou a nível organizacional. Esta mudança na filosofia estratégica empresarial deve-se em grande parte à atual conjuntura económica, à internacionalização dos mercados e ao aumento da exigência dos consumidores. Com isto torna-se essencial este nível de excelência, abrindo assim oportunidade de melhoria e de crescimento para tornar as organizações mais competitivas. Apenas as empresas que seguem esta tendência dos mercados têm possibilidade de sobreviver ou mesmo de evoluir.

A filosofia *Lean* assenta na reavaliação estratégica de todos os processos no funcionamento da empresa que contribuem para o desempenho desta, conjuntamente com uma reestruturação do trabalho para o tornar consistente para o paradigma da criação de valor (Cruz-Machado, 2007). O *Lean* é uma filosofia baseada numa linha de pensamento inovadora, que através de variadas ferramentas e metodologias tem contribuído para melhorar o funcionamento da indústria e dos serviços a nível mundial (Melton, 2005). Por outro lado, a filosofia Seis Sigma visa a redução da variabilidade na produção, diminuindo assim a ocorrência de defeitos. Com isto, a integração de *Lean* com Seis Sigma coloca os padrões de eficiência do funcionamento das empresas a um nível mais elevado, através da redução de desperdícios como tempos de espera, defeitos, transporte, movimentação de pessoas e materiais, excesso de *stocks*, produção excessiva e outras atividades que não acrescentam valor ao produto final. Consequentemente, a minimização destes desperdícios traduz-se numa melhoria de qualidade, redução de custos e do tempo de produção. A eliminação destes desperdícios irá causar um emagrecimento saudável no funcionamento da organização resultando numa redução da variabilidade dos processos, possibilitando melhores previsões, melhor controlo produtivo, e um consequente nivelamento da produção sem oscilações significativas. É necessária uma constante revisão de todo o funcionamento da organização da empresa através de ferramentas e metodologias *Lean* Seis Sigma e Ergonómicas, de modo a alcançar melhorias do ponto de vista da produtividade, flexibilidade e eficiência no fluxo produtivo da organização (Werkema, 2006).

As empresas seguidoras do pensamento *Lean* estabelecem as suas metas para atingir a perfeição: redução contínua de custos, zero defeitos e *stocks* reduzidos ao mínimo. Nenhuma empresa conseguiu atingir a perfeição, e nunca conseguirá. No entanto esta busca incansável pela perfeição tem gerado resultados surpreendentes (Womack & Jones, 2003).

O aumento da eficiência das organizações causado pela aplicação de princípios *Lean* requer especial atenção do ponto de vista ergonómico, na medida em que pode causar uma exigência produtiva excessiva aos trabalhadores, cansando assim mal-estar e desmotivação. A Ergonomia é uma ciência que abrange um grande campo de conhecimento proveniente de diferentes disciplinas, de modo a ajustar as condições de trabalho e as exigências laborais às capacidades dos trabalhadores. O seu principal objetivo passa por garantir a saúde, a segurança e o bem-estar dos trabalhadores nas organizações, mantendo bons níveis de desempenho do seu sistema produtivo. Como tal, o bem-estar ergonómico deve ser salvaguardado para otimização de um sistema produtivo, onde os postos de trabalho devem estar perfeitamente ajustados ao processo em questão (Nunes e Cruz-Machado, 2007).

## **1.2. Objetivos**

Com o presente trabalho pretende-se melhorar a eficiência de uma parte do processo produtivo da empresa Riberalves – Comércio e Indústria de Produtos Alimentares, S.A., através da inclusão de princípios ergonómicos aquando da implementação de *Lean* Seis Sigma. Os objetivos delineados inicialmente neste projeto incidem no aumento da produtividade e capacidade produtiva da Riberalves, salvaguardando a saúde, segurança e o bem-estar dos trabalhadores, garantindo assim um bom nível motivacional no seio da empresa.

## **1.3. Metodologia**

A metodologia adotada na presente dissertação envolve diferentes etapas, de modo a abordar as oportunidades de melhoria da Riberalves de uma forma organizada e sequenciada.

Numa primeira instância é estudada ao pormenor a parte do processo produtivo a melhorar da empresa. Esta etapa é feita através de um acompanhamento diário do funcionamento da empresa e tem como objetivo identificar as oportunidades de melhoria mais pertinentes nos processos em estudo.

Com uma primeira avaliação feita, segue-se um detalhado enquadramento teórico por forma a contextualizar as ferramentas e metodologias utilizadas, bem como as interligações entre estas. Através desta etapa será possível compreender de uma forma mais aprofundada o paradigma da gestão *Lean* Seis Sigma, a Ergonomia e a interligação entre elas, possibilitando uma melhor avaliação e implementação de melhorias no processo produtivo da empresa.

Após um estudo exaustivo do sistema produtivo da empresa e posterior decisão sobre os processos a estudar, segue-se a conceção da metodologia DMAIC\_erg. Em cada fase da metodologia DMAIC\_erg serão aplicadas ferramentas e metodologias adequadas para melhorar os processos do ponto de vista produtivo e ergonómico. A fase *Define* irá definir as oportunidades de melhoria, na fase *Measure* serão calculados os *Key Performance Indicators* (KPI), de modo a quantificar o impacto das melhorias implementadas. Seguidamente é feita a fase *Analyze*, para apurar as causas dos problemas observados, e na fase *Improve* serão aplicadas melhorias aos problemas observados. A fase *Control* é a última e visa dar continuidade a todas as melhorias implementadas.

Na Tabela 1.1 é apresentada a calendarização do planeamento dos trabalhos efetuados ao longo da dissertação. A realização deste estudo cumpriu todos os prazos definidos neste planeamento.

Tabela 1.1 – Calendarização do planeamento das atividades no decorrer da dissertação

	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
Integração na equipa do projeto						
Estudo do processo produtivo da empresa						
Identificação do valor percebido pelo cliente						
Identificação dos desperdícios						
Enquadramento teórico do estudo						
Identificação das oportunidades de melhoria						
Conceção da metodologia DMAIC_erg						
Aplicação da metodologia DMAIC_erg						
Conclusões e sugestões para trabalho futuro						
Redação da dissertação						

#### 1.4. Estrutura da dissertação

A estrutura desta dissertação reparte-se em seis capítulos:

No primeiro capítulo é feita a introdução, apresentando o tema do trabalho com um breve enquadramento da conjuntura atual, do nível de competitividade dos mercados e da pertinência das filosofias *Lean* e *Seis Sigma* com Ergonomia nos dias de hoje. São abordados os objetivos a atingir, com o intuito de explicitar a forma como estes foram abordados e alcançados. É também mencionada a metodologia utilizada, onde são descritas todas as fases desta dissertação.

No segundo capítulo consta o enquadramento teórico, que tem como objetivo contextualizar e enquadrar o estudo com a vertente teórica, justificando as ferramentas e metodologias a utilizar no



caso de estudo, bem como a interligação entre estas. Serão assim descritos os conceitos subjacentes ao *Lean Seis Sigma* e à Ergonomia no trabalho.

No terceiro capítulo tem lugar a descrição de todo o método utilizado e o fundamento de todas as ferramentas e metodologias aplicadas. Será também detalhado todo o procedimento seguido ao longo da dissertação.

No quarto capítulo será feita a apresentação da empresa. Será mencionada a sua história, uma caracterização de acordo com o segmento de mercado onde se insere, os produtos fabricados, os meios utilizados e será descrito todo o seu processo produtivo.

No quinto capítulo será feita a aplicação de princípios de melhoria contínua no processo produtivo da empresa. De uma forma fundamentada com o enquadramento teórico descrito no terceiro capítulo, serão apresentados todos os aspetos a melhorar para uma análise detalhada. Através da identificação e cálculo dos KPIs da empresa, será caracterizado o estado atual da mesma. Os mesmos KPIs serão também calculados após a implementação das melhorias propostas, de forma a quantificar o efeito obtido neste estudo. Estas melhorias serão realizadas por via da aplicação de ferramentas e metodologias com origem na gestão *Lean Seis Sigma* e Ergonomia. Seguidamente serão apresentados os resultados das melhorias, e a sua respetiva discussão.

Por último serão apresentadas conclusões e sugestões para trabalho futuro no sexto capítulo. Neste será feita uma avaliação do trabalho desenvolvido de forma a analisar o seu sucesso, as restrições encontradas, as metas alcançadas e os possíveis caminhos a seguir no futuro que de momento não serão abordados.

## 2. *Lean* Seis Sigma e Ergonomia

---

Este capítulo tem como objetivo a contextualização teórica das ferramentas e metodologias utilizadas neste estudo. Para tal recorrer-se-á a um levantamento detalhado do estado de arte relativo às filosofias *Lean* e Seis Sigma e à vertente Ergonómica nas organizações. Através do levantamento dos principais fundamentos da Ergonomia pretende-se realçar a sua importância no desempenho das organizações.

### 2.1. Filosofia *Lean*

Nesta secção será apresentada a história, os princípios, as fontes de desperdício, as ferramentas, as metodologias e as vantagens da implementação da filosofia *Lean* numa organização. Esta secção terá como objetivo a contextualização do caso de estudo relativamente ao paradigma *Lean*.

A filosofia *Lean Manufacturing* surge através da *Toyota* após a Segunda Guerra Mundial. Dois ambiciosos engenheiros (Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno), após uma investigação ao sistema de produção original da *Ford*, criaram o seu próprio sistema produtivo, o conhecido *Toyota Production System* (TPS). Este modelo de produção baseia-se no conceito de *Just-In-Time* (JIT), no sentido em que ajusta produção com a procura, com o intuito de produzir apenas o necessário na quantidade certa e no tempo certo (Suzaki, 1993). Deste modo, os componentes dos automóveis a fabricar chegam à linha de produção apenas no momento em que são precisos, diminuindo assim drasticamente os níveis de *stock* quer dos componentes quer dos produtos finais. Valorizando a versatilidade para satisfazer as diferentes escolhas por parte da procura, a *Toyota* adotou lotes de produção mais reduzidos, impondo mais flexibilidade nas suas linhas de produção. Deste modo houve a necessidade de minimizar os tempos de preparação para uma rápida adaptação ao processamento de automóveis de cores, extras ou mesmo modelos diferentes.

O sistema produtivo *Toyota* divergia do sistema de produção em massa adotado pela *Ford* na medida em que tinha uma grande flexibilidade, promovendo a variedade de escolha para o cliente.

De uma forma assumida, o pensamento *Lean* foi abordado de forma realmente exaustiva em 1990 através do livro “*The machine that changed the World*” da autoria de *James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Ross*, onde é descrito o TPS. Neste livro são explicadas as vantagens deste tipo de produção, comparativamente à produção em massa.

A filosofia *Lean* assumiu a posição oposta em relação aos sistemas produtivos da época, em que as empresas ocidentais tinham como objetivo a produção em larga escala minimizando a flexibilidade da

produção (Womack e Jones, 2007). Desta forma, a filosofia *Lean* assenta em 5 pilares principais (Womack e Jones, 2003):

- Especificar o valor desejado pelo cliente;
- Identificar a cadeia de valor, eliminando todos os processos que não acrescentam valor ao produto;
- Estabelecer um fluxo contínuo de valor;
- Aplicar o sistema “*Pull*” onde o produto é “puxado” pelo cliente;
- Procurar a perfeição através de um pensamento crítico para a melhoria contínua.

A filosofia *Lean* surgiu a partir de uma evolução da produção em massa criada por Henry Ford (Melton, 2005). De forma a caracterizar os princípios de cada sistema de produção, é apresentada uma síntese das mesmas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Comparação de produção em massa com produção *Lean* (adaptado de Melton, 2005)

	<b>Produção em massa</b>	<b>Produção <i>Lean</i></b>
<b>Empresa de referência</b>	<i>Ford</i>	<i>Toyota</i>
<b>Equipa de gestão</b>	Profissionais com competências limitadas	Equipas versáteis em todos os níveis da organização
<b>Operadores</b>	Operadores com pouca ou nenhuma formação	Equipas versáteis em todos os níveis da organização
<b>Equipamento</b>	Focado em desempenhar apenas uma tarefa	União de sistemas automáticos e manuais de forma a produzir em larga escala e com versatilidade
<b>Método de produção</b>	Produção em massa de forma rígida (Sistema <i>Push</i> )	Processamento dos produtos pedidos pelo cliente (Sistema <i>Pull</i> )
<b>Filosofia organizacional</b>	Gestão hierárquica feita exclusivamente pela administração	Fluxo de valor com níveis adequados de competências, empurrando algumas competências para postos mais baixos da organização
<b>Objetivo</b>	Procura o razoável	Procura contínua da perfeição

Taiichi Ohno descreve o TPS como um sistema que reduz os seus custos através da eliminação do desperdício, por via de várias técnicas concebidas para reduzir custos de produção (Wilson, 2010). O TPS baseia-se nos princípios JIT e *Jidoka*, que são considerados os pilares concetuais deste sistema:

- JIT – Utilizado para a gestão de operações, trata-se de um conjunto de princípios nos quais o TPS assenta. Inventado pelo engenheiro da *Toyota Taiichi Ohno*, este consiste em produzir a quantidade certa, no momento certo e no local certo de acordo com a necessidade da procura. Este sistema faz com que a produção esteja comandada pela procura, na medida em que é produzida apenas a quantidade exigida pelo mercado. Desta forma evita-se a acumulação

excessiva de *stock* intermédio e final bem como os respetivos custos. Segundo *Liker* (2004), a filosofia JIT tem os seguintes objetivos:

- Zero defeitos;
  - Tempo de *setup* nulo;
  - Zero *stocks*;
  - Zero movimentações;
  - Lotes unitários.
- *Jidoka* – Trata-se de uma técnica de inspeção desenvolvida pela *Toyota* que consiste em criar funções supervisoras, por forma a detetar erros na produção (*Wilson*, 2010). Com a deteção da anomalia é acionado um sistema sinalizador conhecido por *Andon*. Este é um sistema de sinalização luminosa que deteta problemas na produção, no qual é identificado o posto de trabalho com a anomalia. Pode ser ativado pelo operador ou mesmo automaticamente pelo sistema. Após a aplicação de medidas corretivas para fazer face ao problema, o sistema *Andon* será desativado e a produção voltará à normalidade. O objetivo do princípio *Jidoka* consiste na paragem da produção no instante em que existe uma falha, de forma a aplicar medidas corretivas para que a unidade com defeito não prossiga na linha de produção.

Na Figura 2.1 são apresentados os pilares do TPS.

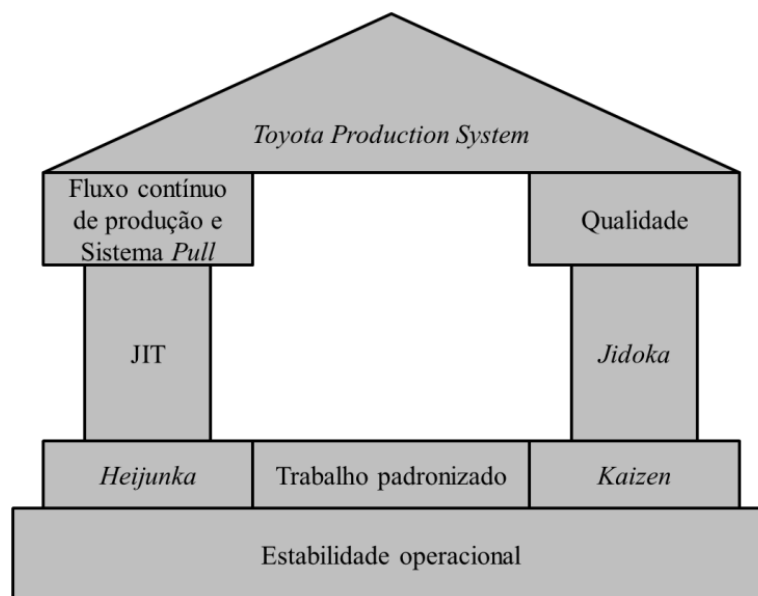


Figura 2.1 – TPS (adaptado de *Liker*, 2004)

A aplicação do *Lean* numa organização não se fica apenas pelas suas diretrizes de melhoria contínua e abertura à mudança, pois para tal requer a implementação de várias metodologias que definem a identidade desta filosofia de gestão (*Suzaki*, 2010). Uma importante filosofia na qual o pensamento *Lean* se baseia é a filosofia *Kaizen*, que consiste na melhoria de uma organização como um todo,

incidindo na gestão administrativa, produção, vertente humana, recursos e existências (Ohno, 1996). A palavra *Kaizen* surge do japonês e significa mudança (*Kai*) para melhor (*Zen*). Esta filosofia desenvolveu-se com a evolução do JIT, tendo como principal objetivo agilizar a estrutura das empresas, através da minimização de desperdícios com mudanças simples. As melhorias observadas que resultam da intervenção desta filosofia têm maior expressão quando os seus intervenientes não estão familiarizados com o processo produtivo da empresa, para que não estejam formatados ao funcionamento atual e consigam pensar “fora da caixa”. Embora o parecer dos operadores do processo seja fundamental, apenas assim é possível repensar em todo o processo e contestar tudo o que é assumido como certo por estes. Na Figura 2.2 é representado o efeito esperado com a implementação da filosofia *Kaizen* numa organização.

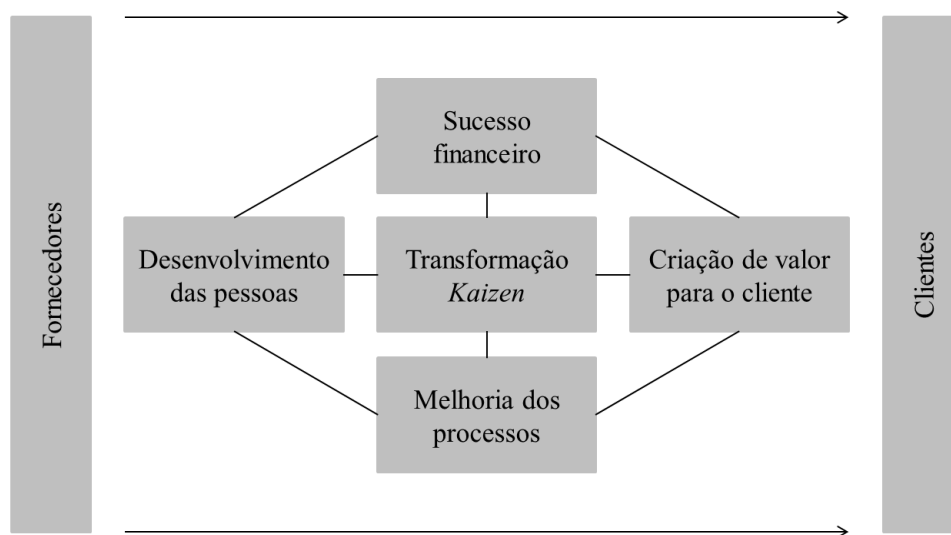


Figura 2.2 – Efeito esperado com a implementação da filosofia *Kaizen*

Existe uma grande variedade de ferramentas e metodologias que suportam os princípios do paradigma *Lean*, com o intuito de melhorar o desempenho das organizações. Todas estas ferramentas e metodologias são utilizadas com o intuito de garantir que os processos produtivos adotados acrescentam valor ao produto, que as atividades que não acrescentam valor são efetivamente eliminadas e que é criado um fluxo contínuo de produção sem desperdícios (Melton, 2005). Todas as ferramentas e metodologias utilizadas como suporte aos princípios do paradigma *Lean* são únicas, no sentido em que todas elas têm o seu próprio método, a sua abordagem distinta para atingir um determinado objetivo. Deste modo, cada metodologia ou ferramenta visa melhorar os processos de pontos de vista diferentes, através da resolução de problemas de diferentes naturezas.

Como demonstrado na Figura 2.3, existe um conjunto de ferramentas e metodologias que contribuem para a implementação dos princípios *Lean*, com o intuito de tornar as empresas mais eficientes e competitivas.

Metodologias	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Just-In-Time</i></li><li>• <i>Jidoka</i></li><li>• 5S</li><li>• Ciclo PDCA</li><li>• SMED</li><li>• Controlo Visual</li></ul>
Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Standard Work</i></li><li>• <i>Value Stream Mapping</i></li><li>• <i>Poka-Yoke</i></li><li>• <i>Brainstorming</i></li><li>• <i>Spaghetti diagram</i></li><li>• Fluxo contínuo de produção</li><li>• Diagrama de <i>Ishikawa</i></li><li>• <i>Overall Equipment Effectiveness</i></li><li>• <i>Kanban</i></li><li>• <i>Heijunka</i></li><li>• Produção <i>one-piece</i></li><li>• <i>Takt Time</i></li></ul>

Figura 2.3 – Ferramentas e metodologias que suportam os princípios *Lean*

### 2.1.1. Princípios da filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* baseia-se na redução de desperdício e na criação de valor com base na perspetiva do cliente, isto é, o que o cliente valoriza e espera do produto/serviço. Para tal, é necessário compreender o que o cliente realmente valoriza (Melton, 2005). O *Lean* pode ser considerado como um modelo estratégico de gestão, que auxilia no alcance de determinados objetivos como a produtividade ou qualidade, incidindo preferencialmente na redução de custos em atividades que não acrescentam valor ao produto final. Para esta redução de custos, todo o sistema de produção é analisado em termos de custos energéticos, movimentações, tempos e outros recursos que influenciam a produção.

Womack (2007) refere que os princípios da filosofia *Lean* são:

- Valor – É a designação de uma análise que permite quantificar o que o cliente espera receber do produto, onde estão englobados os fatores que o cliente valoriza, pelo preço certo, no tempo e local certos. O valor de um produto é avaliado em função da perspetiva do cliente. Como tal, todas as atividades identificadas que não acrescentam valor ao que o cliente valoriza, podem e devem ser eliminadas.

- Cadeia de valor – Identificação da sequência das atividades que constituem o processo produtivo do produto, desde a encomenda à expedição para o cliente. Esta análise é fundamental para identificar e eliminar possíveis atividades que não acrescentam valor ao produto. Através do mapeamento de todas as atividades que constituem o processo produtivo, torna-se mais fácil a identificação e eliminação das atividades sem valor para o consumidor.
- Fluxo – O estabelecimento de um fluxo contínuo na produção pressupõe uma prévia identificação e eliminação de desperdícios na cadeia de valor. Este fluxo contínuo permitirá um escoamento natural de produção sincronizado com a procura exigida pelo mercado, evitando assim uma acumulação excessiva de *stocks* e de capital malparado.
- Sistema *Pull* – Contrário ao sistema convencional *Push* que produz sem olhar para a procura, “empurrando” o produto para o mercado através de descontos e promoções. O sistema *Pull* permite que o cliente “puxe” o produto quando desejar, ou seja, o produto é processado apenas quando existe um pedido do cliente. Este sistema permite produzir o essencial e no tempo certo, sem que sejam criados *stocks* desnecessários.
- Perfeição – A procura contínua pela perfeição é o último princípio identificado na filosofia *Lean*, em que todos os intervenientes do processo produtivo deverão estar cientes da sua importância. Trata-se de um processo constante e contínuo que visa melhorar todos os processos nos quais os seus intervenientes trabalham diariamente, e para tal é necessária abertura para a mudança (Womack e Jones, 2003). Um processo que hoje em dia é considerado ideal, poderá vir a tornar-se desajustado ou mesmo obsoleto devido à evolução e surgimento de novas ideias (Decker e Stead, 2008).

A Figura 2.4 representa os 5 princípios da filosofia *Lean*.

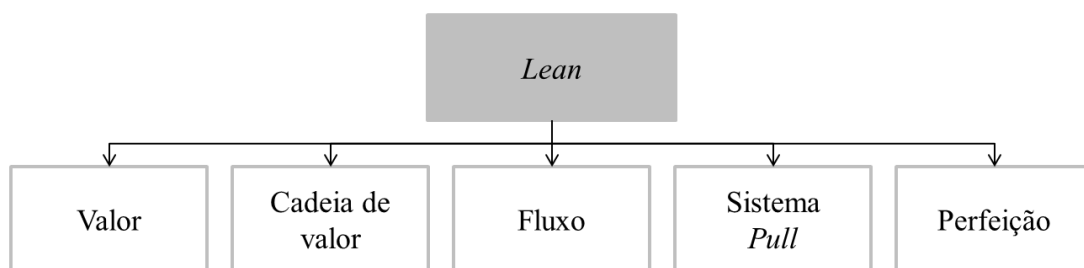


Figura 2.4 – Princípios da filosofia *Lean* (adaptado de Womack et al., 2007)

### 2.1.2. Principais fontes de desperdício

Desperdício são as atividades que não acrescentam valor a um determinado produto/serviço, como tal devem ser eliminadas (Ohno, 1996). Valor este que é definido pelo que o cliente está disposto a pagar, como tal, qualquer atividade que não acrescenta valor do ponto de vista do cliente é considerada um desperdício.

Através da evolução do TPS, e com o intuito de produzir um produto pelo menor custo, *Taiichi Ohno* e *Shigeo Shingo* identificaram oito tipos de *muda*, palavra japonesa que significa desperdício, seguidamente descritos:

- Defeitos – Qualquer defeito prejudica a empresa, na medida em que exige reprocessamento, reparação ou pode mesmo criar um impacto negativo no cliente se não for detetado atempadamente. Uma peça defeituosa traduz-se em tempo perdido do operador e matéria-prima desperdiçada (Wilson, 2010). Este desperdício é o reflexo de um planeamento de produção inexistente ou ineficaz, e pode ser reduzido através da padronização dos processos, aplicação de sistemas de deteção de falhas e da automatização dos processos.
- Transporte – O transporte de material ou mesmo de informação devem ser minimizados, uma vez que são atividades que não acrescentam valor ao produto e contribuem para o aumento do *Work In Progress* (WIP). Este tipo de desperdício traduz-se em custos para a empresa, na medida em que é despendido tempo e custos de transporte. De modo a reduzir este desperdício, a produção deverá ser fluida, sem interrupções.
- Excesso de *Stock* – Traduz-se num consumo acrescido de custos, matéria-prima, recursos e espaço de armazenamento. Este desperdício ocorre maioritariamente devido à falta de confiança nos fornecedores, flutuação do preço de compra ou produção superior à procura para satisfazer possíveis picos. A sincronização da produção com a procura (Produção *Pull*) e a mudança rápida de ferramentas entre diferentes lotes de produção são medidas que contribuem para a redução deste desperdício.
- Movimentações – Este desperdício deve-se à movimentação excessiva de pessoas, que resultam em tempo perdido. Este pode ocorrer devido à má conceção do *layout* do ponto de vista produtivo e ergonómico, e pode ser atenuado com uma revisão dos processos e respetivas movimentações.
- Sobreprodução – Este desperdício está diretamente relacionado com a falta de sincronização da produção com a procura exigida pelo mercado, e agrava os sete restantes desperdícios (Wilson, 2010). Pode ocorrer por várias razões, entre elas a estratégia de produção em massa, a produção em grandes lotes, tempos de *setup* longos ou por antecipação da produção devido a picos de procura. Este desperdício cria um mau aproveitamento de pessoas e causa um



aumento desnecessário no inventário, podendo ser reduzido através do nivelamento da produção, mudança rápida de ferramentas ou pelo planeamento de produção.

- Sobre processamento – Quando existem processos em excesso que não acrescentam valor ao produto final do ponto de vista do cliente. Este desperdício cria uma complexidade desnecessária na execução do produto, e surge devido à falta de formação dos operadores ou desconhecimento do interesse dos clientes. É a causa de problemas como o aumento do custo de produção e a falta de cumprimento de prazos de entrega.
- Tempo de espera – Estes tempos são completamente perdidos, nos quais não se desempenha qualquer atividade. As principais causas devem-se a falta de matéria-prima ou mão-de-obra, alterações na linha para processamento de um novo lote, avaria de equipamentos, estrangulamento da linha ou simplesmente por ineficiência do *layout*.
- Subaproveitamento da propriedade intelectual – Este desperdício é bastante comum nas organizações de gestão tradicional, onde todas as decisões são tomadas exclusivamente pelo corpo de gestão. Este desperdício está relacionado com a gestão, e consiste em não aproveitar as capacidades intelectuais dos funcionários para a melhoria do funcionamento da organização.

Na Figura 2.5 são representados os 8 tipos de desperdício.

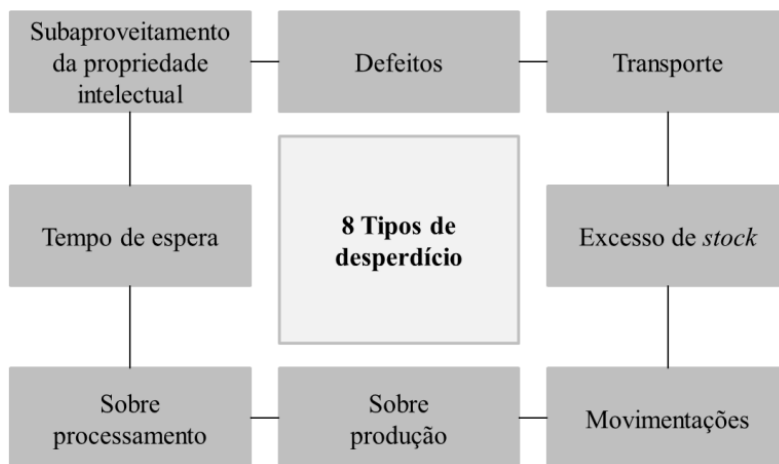


Figura 2.5 – Representação dos 8 tipos de desperdício

### 2.1.3. Vantagens e benefícios da implementação da filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* incide na eficiência do rendimento das organizações a todos os níveis, otimizando o seu desempenho a nível produtivo, logístico, administrativo e com resultados que comprovam esta melhoria. Como tal, algumas melhorias que efetivamente se verificam nas empresas passam pela melhoria da qualidade, diminuição significativa de defeitos, redução dos níveis de *stock*, redução do

espaço necessário para produção, aumento na flexibilidade de produção, identificação de constrangimentos a melhorar, melhoria da segurança e ambiente fabril através do empenho dos trabalhadores.

Todos os aspetos nos quais a filosofia *Lean* incide são de difícil implementação numa organização, em que chegam a ser necessários anos de trabalho para conseguir que esta forma de produção seja absorvida pela organização. Numa fase inicial, a identificação de desperdícios terá uma atenção acrescida, seguida da normalização de todos os procedimentos da produção. Esta fase requer muito trabalho e uma frequente contestação do estado atual da empresa.

Melton (2005) refere que os benefícios tipicamente observados com a aplicação de princípios *Lean* são a redução dos custos de produção, uma melhor compreensão das necessidades do mercado, o aumento de formação e versatilidade dos trabalhadores, a melhoria na compreensão de todo o sistema produtivo e o aumento da qualidade através de um maior controlo de produção com consequente redução de erros. Através da aplicação dos princípios *Lean*, os benefícios tipicamente observados são apresentados na Figura 2.6.

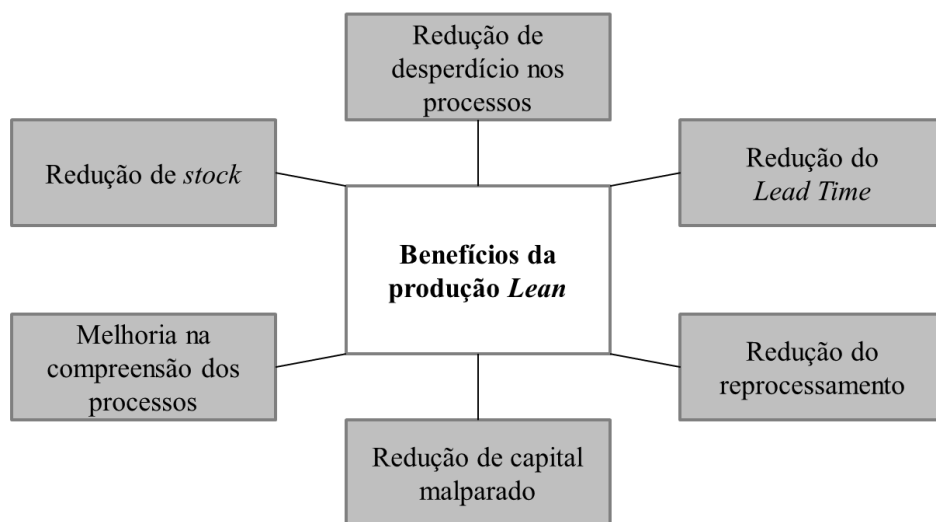


Figura 2.6 – Benefícios da implementação da produção *Lean* (adaptado de Melton, 2005)

#### **2.1.4. Entraves à implementação da filosofia *Lean* nas organizações**

Os benefícios que a filosofia *Lean* proporciona às empresas está cada vez mais divulgado, no entanto existem muitas empresas que não o implementam por várias razões (Melton, 2005):

- A resistência à mudança trata-se de um dos entraves mais difíceis de mudar, uma vez que os funcionários criam hábitos de trabalho que se revelam muito sólidos e entranhados na própria organização. Depende do tipo de organização, e do grau de formação dos funcionários;
- O fator cultural é um fator que varia de região para região, sendo que este obstáculo ocorre quando existe alguma falta de compatibilidade entre os valores das pessoas e o que se pretende mudar da organização;
- Desconhecimento dos benefícios que a filosofia *Lean* pode trazer à organização;
- A implementação de melhorias requer um prévio e minucioso planeamento de modo a causar o mínimo constrangimento à produção em curso. A equipa de gestão está demasiado absorvida pelo trabalho do dia-a-dia, pelo que não considera importante proceder a este planeamento, muito menos interromper a produção para que se possam implementar melhorias;
- Falta de conhecimento e compreensão para a sua implementação;
- Falta de disponibilização de recursos. É necessário conjugar a disponibilidade de todos os responsáveis do projeto para que os funcionários valorizem a importância do esforço em questão para a mudança.

Em suma, todos os entraves que não são ultrapassados contribuem para o atraso das empresas relativamente à concorrência, traduzindo-se numa redução da sua competitividade.

## **2.2. Filosofia Seis Sigma**

Nesta secção será descrito o surgimento da filosofia Seis Sigma, a sua evolução e a sua importância para o sucesso das organizações dos dias de hoje.

A filosofia Seis Sigma surgiu através da empresa americana Motorola nos anos 80. Esta época foi marcada pelo aumento de concorrência a nível internacional na indústria eletrónica, causada pelo surgimento das empresas japonesas no mercado mundial. A Motorola sentiu a necessidade de ter um maior controlo sobre a eficiência do seu sistema produtivo, devido à quantidade excessiva de peças defeituosas (Arnheiter e Maleyeff, 2005). Desde essa altura até hoje em dia, o Seis Sigma tem evoluído ao longo dos anos, sendo que são identificados 4 passos importantes na sua evolução. O primeiro foi dado através da Motorola, onde esta filosofia se focava essencialmente no processo produtivo da empresa, com o intuito de reduzir defeitos e a variabilidade dos processos. No início dos anos 90, a empresa Allied Signal (indústria automóvel e aeroespacial) deu o segundo passo, implementando a filosofia Seis Sigma no seu sistema produtivo e certificando os seus colaboradores de acordo com o seu nível de conhecimento em Seis Sigma, tendo criado com isto uma hierarquia (*Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt*, *Champion*, *Leader* e *Sponsor* por ordem crescente). O terceiro passo foi dado pela empresa General Electric em 1996, tendo implementado o Seis Sigma a

um nível mais abrangente, focando-se em todos os processos do negócio, na preocupação pela satisfação do cliente e na redução de custos. Por último, a empresa de químicos DuPont impulsionou a criação de valor a todos os *stakeholders* do processo, tendo ainda relacionado o Seis Sigma com a filosofia *Lean*.

A filosofia Seis Sigma é uma estratégia de gestão que utiliza métodos estatísticos para reduzir a variabilidade dos processos e a ocorrência de erros. Tem como objetivo aumentar a eficiência das organizações por via da melhoria da qualidade dos produtos e dos processos (Lin et al., 2012).

A filosofia Seis Sigma desdobra-se num conjunto de ferramentas e metodologias, visando melhorar a qualidade do *output* dos processos através da deteção e remoção das causas de erro. A diminuição da variabilidade nos processos é outro foco desta filosofia, criando uma maior uniformização produtiva que traz benefícios ao nível do controlo e previsão da produção (Montgomery e Woodall, 2008).

#### **2.2.1. Vantagens e desvantagens da aplicação da filosofia Seis Sigma**

A implementação da filosofia Seis Sigma requer um total comprometimento de toda a estrutura de uma organização para ser possível obter resultados positivos. Uma vez alcançado este comprometimento, algumas vantagens são (Lin et al., 2012):

- Aumento da satisfação do cliente, na medida em que a empresa consegue uma melhoria da qualidade do produto final, sem desperdício;
- Eliminação dos processos que não acrescentam valor ao produto final, tornando a produção mais eficiente e mais rápida;
- Aumento de produtividade, devido à eliminação do desperdício;
- Redução de custos, devido à redução de defeitos e eliminação do desperdício;
- Melhoria da qualidade, reflexo da diminuição da variabilidade dos processos e consequente melhoria na eficiência dos processos.

Todas estas vantagens referidas contribuem para o aumento da eficiência e competitividade das organizações.

Por outro lado, a implementação da filosofia Seis Sigma pode criar alguma rigidez na estrutura das organizações, comprometendo a criatividade ou criando atrasos na produção. No caso de pequenas empresas, a implementação de Seis Sigma requer formação aos colaboradores, e um investimento financeiro significativo. As pequenas empresas sentem a necessidade de permanecer ágeis, e a filosofia Seis Sigma pode comprometer este fator (Lin et al., 2012).

### 2.2.2. Metodologia DMAIC

A Figura 2.7 apresenta de forma sintetizada os objetivos da metodologia DMAIC. De seguida serão enunciadas e detalhadas as fases que compõem esta metodologia.

<b><i>Define</i></b> Definir oportunidades	Identificar a oportunidade de melhoria Definir as metas a atingir Nomear os intervenientes do projeto
<b><i>Measure</i></b> Medir o desempenho	Definir as métricas relevantes do projeto Quantificar todas as métricas
<b><i>Analyze</i></b> Analisar as oportunidades	Analisar os dados recolhidos do caso de estudo Identificar possíveis causas que comprometem o desempenho do sistema Analisar todas as causas identificadas
<b><i>Improve</i></b> Melhorar o desempenho	Criar soluções de melhoria para os problemas em estudo Analisar e avaliar a melhoria proposta Quantificar o ganho obtido com a implementação das melhorias
<b><i>Control</i></b> Controlar o desempenho	Implementar planos para manutenção das melhorias Controlar e acompanhar as métricas dos processos alvo de melhorias Normalizar os procedimentos estudados Aplicar sistemas de deteção de falhas

Figura 2.7 – Diagrama ilustrativo da metodologia DMAIC (adaptado de Montgomery & Woodall, 2008)

**Define** – Nesta primeira etapa ocorre a definição do problema e da meta que se pretende atingir com a realização do projeto. Com estes dados bem identificados e definidos, torna-se pertinente a nomeação de todos os intervenientes do projeto, bem como as suas respetivas responsabilidades e competências. É necessário o planeamento do projeto, de modo a que todos os intervenientes estejam alinhados e em sintonia com a estratégia inicialmente definida. O levantamento do histórico dos problemas em estudo é relevante para a consciencialização da equipa, de modo a que os problemas não sejam subestimados (Miles, 2006). As ferramentas utilizadas nesta fase da metodologia são: *SIPOC*, *Critical To Quality tree* (CTQ tree), Carta de Controlo, *Voice Of Customer* (VOC), *Voice Of Employee* (VOE), *Project Charter* e Modelo *Kano* (Brook, 2010).

**Measure** – Esta fase tem como objetivo avaliar e compreender o estado atual do processo, através da identificação de métricas que medem o desempenho do sistema produtivo, de modo a tornar o problema mensurável (Mast e Lokkerbol, 2012). Estas métricas são definidas através da medição de tempos de ciclo, tempos de *setup*, questionários aos operadores, e servirão como ponto de partida

demarcando a situação inicial. Segundo Carreira (2005), a identificação dos KPIs é uma tarefa que irá determinar o que é feito no projeto. Esta fase é fundamental para reajustar a abordagem aos problemas, uma vez que a produtividade é quantificada de forma mais detalhada. As ferramentas mais utilizadas nesta fase são: KPI, Diagrama de *Pareto*, Carta de Controlo, Histograma, Análise multivariada, Estratificação, *Boxplot* e Índice de Capacidade (Brook, 2010).

**Analyze** – Nesta etapa são analisadas as possíveis causas dos defeitos que comprometem o *output* do processo em questão (Lin et al., 2012). Estas anomalias podem ocorrer por várias razões, como o método de trabalho, materiais, equipamentos, máquinas ou pessoas. Através desta etapa é possível definir a gravidade de cada uma das possíveis falhas, atribuindo-lhes um nível de importância e possíveis causas de ocorrência. É nesta fase que são determinadas as causas que influenciam a CTQ *tree*, sendo que o diagrama de *Ishikawa* é uma importante ferramenta para o levantamento destas (Lin et al., 2012). As ferramentas utilizadas são: *Brainstorming*, 5 *Whys*, Diagrama de *Ishikawa*, Histograma, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), Matriz de Prioridades, Diagrama de Afinidades, Teste de Hipóteses e Desenho de experiências (Werkema, 2006).

**Improve** – Com as possíveis causas de falha identificadas na etapa *Analyze*, é feito um *Brainstorming* para apresentar várias propostas de melhoria face aos problemas identificados, e é eleita a mais adequada para ser implementada. Após a implementação das melhorias, deverá ser feita uma medição das mesmas métricas utilizadas na fase *Measure*, com o intuito de quantificar a eficácia da melhoria realizada. As ferramentas mais utilizadas nesta fase são: *Brainstorming*, Diagrama de *Ishikawa*, FMEA, Teste de hipótese, Histograma, Diagrama de *Gantt*, Diagrama em árvore, Matriz de Prioridades e Diagrama de Afinidades (Werkema, 2006).

**Control** – O objetivo desta fase passa pela manutenção das melhorias implementadas, de modo a garantir que estas se mantêm em prática. A normalização dos procedimentos e os indicadores de produtividade são duas das formas de registar e controlar o impacto das melhorias, conjuntamente com outros sistemas de deteção de falhas para garantir que as melhorias realizadas são praticadas. As métricas utilizadas na fase *Measure* são igualmente úteis nesta fase, de modo a ter um ponto de referência do desempenho anterior, com o intuito de garantir os níveis produtivos com as melhorias aplicadas. As ferramentas utilizadas são: Diagrama de *Pareto*, *Heijunka*, *Poka-Yoke*, KPI, Histograma, Índice de Capacidade, Auditorias e formação (Werkema, 2006).

As ferramentas e metodologias utilizadas nesta dissertação serão descritas em detalhe no capítulo da Metodologia.

### **2.3. Lean Seis Sigma**

Embora as filosofias *Lean* e Seis Sigma sejam totalmente independentes entre si, estas complementam-se devido aos objetivos que têm em comum: melhoria da capacidade produtiva e redução do desperdício. Ambas exigem alterações culturais nas empresas, mais formação a todos os colaboradores e uma nova abordagem ao método de gestão (Arnheiter e Maleyeff, 2006).

A filosofia *Lean* valoriza a eliminação de todas as atividades que não acrescentam valor e um fluxo contínuo de produção, promovendo assim um escoamento mais rápido do produto para o cliente. Por outro lado, a filosofia Seis sigma foca-se na eliminação de erros que causam defeitos, e na diminuição da variabilidade dos processos. A aplicação destas duas filosofias traduz-se numa importante conjugação de valores para o sucesso e crescimento das organizações (Werkema, 2006).

### **2.4. Ergonomia**

Na secção presente será feita uma introdução à Ergonomia, o conceito em si e as suas diferentes áreas. Este servirá como contextualização da Ergonomia como fator integrante da filosofia *Lean Seis Sigma* aplicada neste caso de estudo.

A Ergonomia é uma ciência que estuda a relação entre o ser humano e o sistema produtivo. O nome surgiu através da união das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis naturais). Esta ciência foi inicialmente proposta em 1857 pelo filósofo e naturalista *Wojciech Jastrzebowski*, no entanto acabou por cair no esquecimento. Mais tarde esta surgiu curiosamente com data e local bem definidos, 12 de Julho de 1949 no Reino Unido (Nunes, 2012).

Segundo a *International Ergonomics Association* (IEA, 2000), a Ergonomia consiste na compreensão da interação do fator humano com os restantes elementos de um sistema, através de princípios teóricos, dados e procedimentos com o intuito de otimizar a conjugação do bem-estar humano e do desempenho do sistema produtivo. Esta ciência visa conceber os sistemas produtivos de forma a torná-los compatíveis com o desempenho das pessoas, considerando as suas limitações (Nunes, 2012).

A Ergonomia é entendida como um *system approach*, orientado para a otimização do desempenho dos sistemas produtivos, através da redução das incompatibilidades entre o fator humano e o processo produtivo (Nunes, 2012).

A Ergonomia é uma ciência que pode ser aplicada em qualquer sistema produtivo, de forma a melhorar o aproveitamento dos operadores com uma consequente melhoria na qualidade dos processos, ambiente de trabalho e saúde dos trabalhadores. Como tal esta deve estar inserida desde o planeamento e conceção do sistema produtivo, de forma a considerar o operador como parte integrante deste. As condições de trabalho criadas devem visar a saúde dos trabalhadores, o seu desempenho

individual e coletivo, a possibilidade de valorização das suas capacidades de modo a alcançar os objetivos definidos pela organização.

O impacto da Ergonomia numa organização pode ser de natureza social, por via da motivação acrescida dos operadores devido à melhoria das condições de trabalho, e de natureza económica onde são observados os ganhos obtidos deste acréscimo de motivação (Dul, 2003).

A Ergonomia requer uma abordagem sistemática abrangente, visando o homem no respetivo posto de trabalho (Dul et al., 2012, citado por Nunes et al., 2012). A Ergonomia e os seus sistemas inerentes foram criados com o intuito de integrar a parte humana com as condições de trabalho (uma tarefa, um processo, uma máquina ou outras pessoas). Para tal, os fatores a contabilizar podem ser de acordo com o indivíduo (físico, fisiológico, psicológico e social) ou do ambiente de trabalho (físico, social). Uma análise ergonómica pode ainda ser de uma perspetiva micro (interação do homem com o processo a desempenhar), mesio (integração no ambiente de trabalho em um processo específico) ou macro (integração numa rede de organizações, numa região, num país ou no mundo). Com isto, a Ergonomia pode incidir em aspetos específicos de um indivíduo ou mesmo nas condições de trabalho.

A Ergonomia procura uma melhoria no desempenho e bem-estar através da conceção dos sistemas. Como tal, esta ciência deverá estar presente no planeamento, conceção, implementação, avaliação, manutenção, reestruturação dos processos e melhoria contínua. Embora todos estes processos não estejam encadeados sequencialmente, têm um ponto comum (o processo laboral em questão). Como tal, quando são tomadas medidas num destes processos, todos os restantes serão influenciados.

Através do ajuste das condições de trabalho ao ser humano, é atingido um bom desempenho (através da redução de erros, aumento de produtividade, eficiência, qualidade, flexibilidade) e bem-estar (através da saúde, segurança e motivação). Estes dois objetivos são estreitamente ligados, uma vez que a falta de bem-estar no trabalho gera desmotivação, e a desmotivação gera improdutividade. Situações de falta de desempenho e mal-estar podem ser criadas devido a um desajuste entre as condições de trabalho e as capacidades humanas. Quando existe esta falta de compatibilidade, o ser humano não atinge o seu rendimento ideal por razões motivacionais (salário desajustado, problemas entre pessoal), ou mesmo devido a condicionantes físicas (equipamento inadequado, carga física excessiva). É por estas razões que a Ergonomia desempenha um papel fundamental para a eficiência das organizações, nomeadamente através do aumento da produtividade, qualidade e segurança (Nunes, 2002).

A Ergonomia Cognitiva é uma área ergonómica que se foca na vertente psicológica, nomeadamente na perceção, reação motora e raciocínio. A Ergonomia cognitiva visa analisar o impacto da atividade laboral sobre o intelecto do ser humano. Esta análise pode ser quantificada através da carga psicológica de trabalho, decisões a tomar, imprevistos, erros, desempenho, treino, e interação homem-computador (Nunes, 2002).



A Ergonomia Organizacional visa a compreensão e otimização dos recursos humanos, políticas de trabalho, cultura organizacional e a forma de comunicação. A Ergonomia organizacional permite analisar o trabalho em equipa, supervisão, previsão e satisfação no trabalho.

A Ergonomia Física visa a interação entre a atividade física e a anatomia humana, antropometria, biomecânica e fisiologia. Os tópicos relevantes incluem o manuseamento de materiais, preparação de postos de trabalho, movimentos repetitivos, distúrbios osteomusculares e segurança (Nunes, 2002).

## **2.5. *Lean Seis Sigma e Ergonomia***

A implementação de princípios inerentes à filosofia *Lean Seis Sigma* foca-se em alterações profundas nos processos produtivos, de modo a reduzir o desperdício, variabilidade nos processos e os custos de produção (Dul e Neumann, 2009). Este tipo de estratégia de gestão necessita de especial atenção do ponto de vista ergonómico, por estar associada a uma redução do bem-estar dos operadores. Segundo Pepper et al. (2003), através de uma detalhada pesquisa concluiu que a redução do bem-estar dos operadores está muitas vezes associada à implementação de princípios *Lean Seis Sigma* nas empresas.

A Ergonomia é uma ciência que visa minimizar as incompatibilidades entre o corpo humano e o sistema produtivo. Como tal, com esta interação bem executada obtemos níveis elevados de produtividade e um bom ambiente de trabalho (Wilson, 2005).

A Ergonomia visa a otimização do funcionamento dos sistemas produtivos, através da diminuição da incompatibilidade entre o sistema e os trabalhadores, salvaguardando sempre a segurança e bem-estar. A aplicação desta disciplina deve ser iniciada preferencialmente na fase da conceção do posto de trabalho. No entanto, existe uma necessidade constante de revisão dos postos de trabalho devido a possíveis queixas dos operadores ou mesmo devido a melhorias efetivas a implementar (Nunes e Cruz-Machado, 2007).

O principal objetivo da aplicação das filosofias *Lean* e *Seis Sigma* baseia-se na otimização do desempenho dos processos produtivos, podendo suceder a desvalorização do bem-estar dos trabalhadores devido ao aumento da exigência produtiva. Como tal, este tipo de exigência poderá comprometer o bem-estar, a saúde e a segurança dos operadores, o que se irá traduzir em despesas adicionais para a organização (aumento de erros, redução de produtividade, desmotivação, baixas por motivos de saúde, ou indemnizações aos trabalhadores). Deste modo, a aplicação da Ergonomia torna-se fundamental para prevenir estas situações, contribuindo de uma forma bastante positiva para a organização. Um bom funcionamento de uma organização advém da gestão das interações de pessoas e do sistema produtivo (Arnheiter e Maleyeff, 2005).

A filosofia *Lean Seis Sigma* é regularmente associada ao aumento de competitividade das organizações. No entanto, é também associada aos efeitos negativos que pode criar na saúde e bem-estar dos trabalhadores. A redução dos tempos de ciclo e dos recursos leva a um aumento de fadiga nos trabalhadores. O aumento do nível de trabalho e a redução do tempo de recuperação são outros fatores de risco presentes. No entanto existem estudos que relatam exemplos positivos, através da inclusão de princípios Ergonómicos na filosofia *Lean Seis Sigma* (Koukoulaki, 2013).

A Ergonomia é vista muitas vezes pelos gestores como uma disciplina orientada exclusivamente para as pessoas (segurança, saúde e respetiva legislação), não englobando a melhoria do desempenho organizacional. Devido a esta ideia distorcida, muitas vezes Ergonomia não é englobada nas organizações por estas a verem como um travão à produtividade e rendimento da organização. Como tal é fundamental uma mudança na perceção das pessoas relativamente a esta ciência, para que esta esteja diretamente ligada à conjugação dos fatores humanos com a maximização da produtividade das organizações (Dul e Neumann, 2009).

A Figura 2.8 ilustra a relevância do impacto que a Ergonomia tem sobre a produtividade de uma organização.

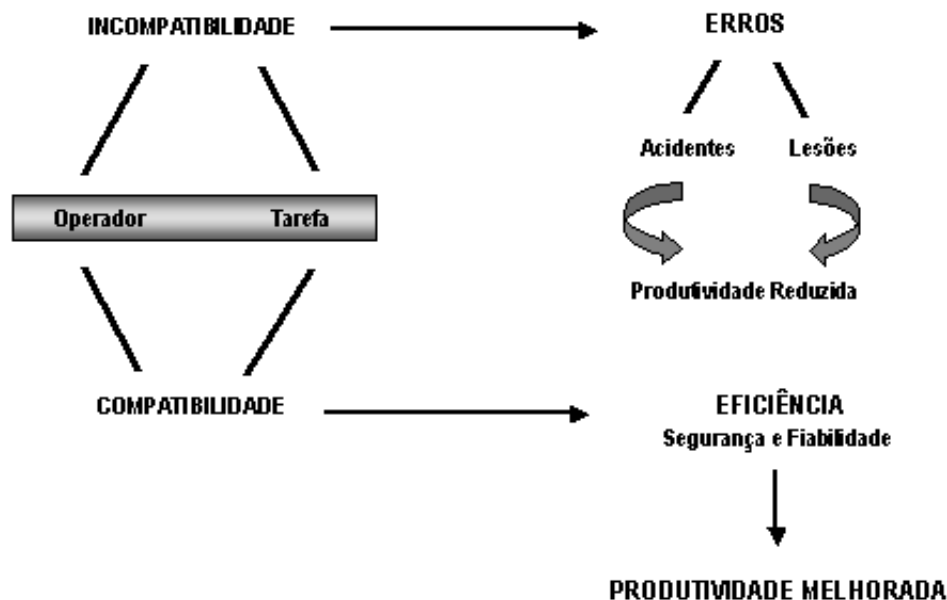


Figura 2.8 – Relação entre Ergonomia e produtividade (Nunes, 2002)

Em suma a Ergonomia é uma ciência relevante do ponto de vista produtivo, e tem valor a acrescentar a ambientes produtivos *Lean Seis Sigma*. Todas as alterações feitas num sistema produtivo apenas visando uma maior produtividade permanecem subaproveitadas se a equipa de gestão desvalorizar os interesses dos operadores. A motivação dos responsáveis pela produção deve ser vista como um fator determinante para o bom desempenho de uma empresa.



### 3. Metodologia

---

Este capítulo tem como objetivo detalhar a metodologia utilizada neste estudo. Numa primeira instância serão apresentadas na Figura 3.1 as etapas do estudo de um modo macro. Seguidamente será descrita a metodologia DMAIC\_erg concebida neste estudo. As diferentes ferramentas e metodologias usadas em cada etapa do ciclo DMAIC\_erg serão descritas, de modo a possibilitar a análise das oportunidades de melhoria do ponto de vista produtivo e ergonómico.

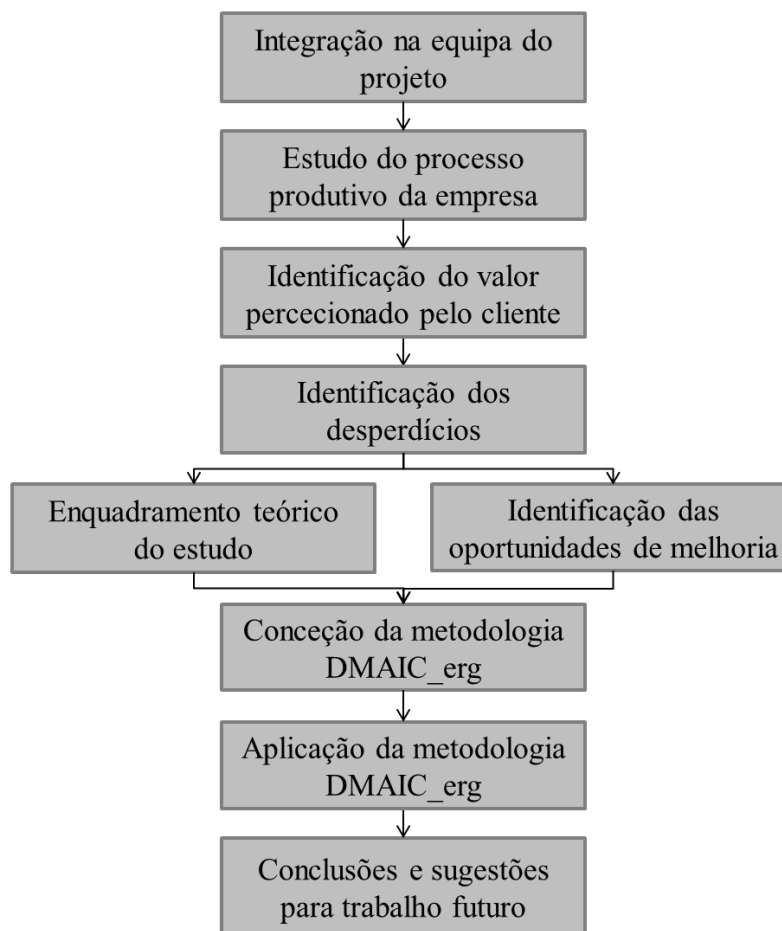


Figura 3.1 – Metodologia usada no desenvolvimento da dissertação

Este estudo teve início na integração do autor no departamento de melhoria contínua da empresa. Procedeu-se depois ao estudo de todo o processo produtivo, de modo a compreender detalhadamente todo o encadeamento das atividades inerentes. Foi realizado o levantamento do que o cliente considera que acrescenta valor ao produto, de modo a identificar as oportunidades de melhoria. A identificação das oportunidades de melhoria foi a fase seguinte paralelamente a uma detalhada revisão bibliográfica, de modo a contextualizar e fomentar todas as melhorias aplicadas. Seguidamente será desenvolvido o

caso de estudo, através da aplicação da metodologia DMAIC\_erg. Nesta constam as etapas *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* e *Control*, que consistem na aplicação de princípios, ferramentas e metodologias para fazer face às oportunidades de melhoria identificadas. Por fim este estudo será dado como concluído por via das considerações finais e recomendações para trabalho futuro.

### 3.1. Ciclo DMAIC\_erg

Embora tenha origem na filosofia Seis Sigma, o ciclo DMAIC trata-se de uma abordagem interessante quando aplicado a outros domínios, tal como na integração com a Ergonomia e com a filosofia *Lean* Seis Sigma. A sua abordagem organizada e sequencial torna-a um importante método no apoio à análise e resolução de problemas. Foi em função destes fatores que foi concebido o ciclo DMAIC\_erg. Este tem os mesmos princípios e objetivos que o ciclo DMAIC, na medida em que visa melhorar a eficiência de um sistema produtivo, salvaguardando sempre a saúde e a segurança dos operadores. A mais-valia criada por esta integração de matérias consiste na salvaguarda da saúde e do bem-estar dos operadores, enquanto a produtividade é otimizada. Devido à simplicidade desta metodologia, esta poderá ser replicada em outros projetos sem alterações significativas. Na Figura 3.2 é representado o ciclo DMAIC\_erg.

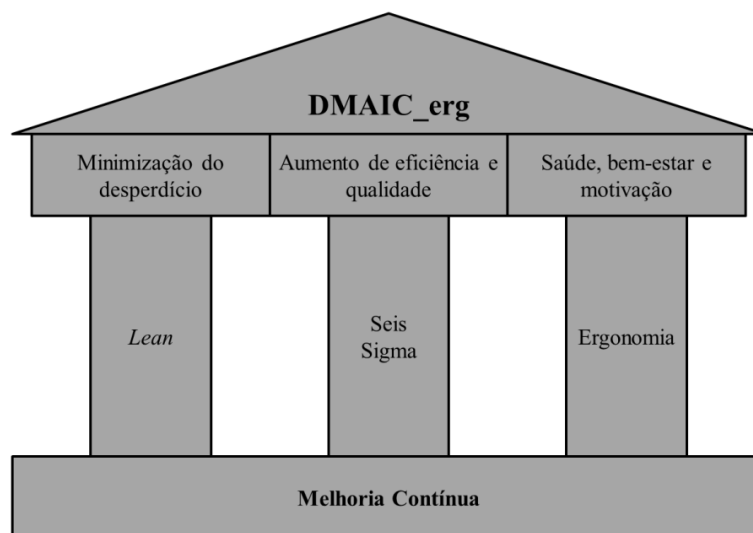


Figura 3.2 – Representação da metodologia DMAIC\_erg

Tal como o ciclo DMAIC, o DMAIC\_erg é composto pelas etapas *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* e *Control*, apresentadas de seguida:

#### ***Define***

Esta etapa inicial consiste na definição do problema do ponto de vista produtivo e ergonómico, os objetivos e as metas a atingir. As ferramentas utilizadas nesta fase são apresentadas seguidamente:

- SIPOC – Esta ferramenta é utilizada com o intuito de obter uma visão macro do funcionamento de uma organização. A observação desta ferramenta permite a qualquer pessoa não familiarizada com o funcionamento da empresa, uma rápida percepção dos seus *drivers*. Para o sucesso de um projeto de melhoria contínua, é essencial que todos os intervenientes do projeto tenham a mesma percepção de todos os processos inerentes (Miles, 2006).
- VOC – Esta ferramenta agiliza a passagem da opinião do consumidor para a empresa, de modo a salvaguardar os interesses dos clientes. Esta informação deve ser valorizada pela empresa, com o intuito de melhorar e ir de encontro ao interesse dos consumidores.
- VOE – O objetivo desta ferramenta passa por reportar as necessidades e queixas dos operadores à equipa de gestão, por contato direto. Esta comunicação é essencial para transmitir informação à equipa com capacidade de implementar medidas corretivas a possíveis queixas dos operadores, bem como outras ações de melhoria.
- CTQ *tree* – O sucesso deste estudo está dependente da boa definição desta ferramenta. As oportunidades de melhoria são identificadas através desta ferramenta. É a partir desta que se identificam os indicadores de desempenho sobre os quais este estudo se vai focar e, por consequência, sobre os quais se irão incidir as ações de melhoria. Estes indicadores de desempenho são conhecidos por KPIs, e são determinados e calculados em função da informação extraída do VOC e do VOE.
- *Project Charter* – Esta ferramenta formaliza o início do projeto. São apresentadas informações como o título, a definição da abrangência e limites do projeto, assim como as metas a alcançar. São também identificados os problemas a incidir e as restrições do projeto. Os intervenientes do projeto são nomeados de acordo com a sua respetiva responsabilidade no mesmo. É definida a data de conclusão e os respetivos prazos para cada uma das etapas pré definidas.

### ***Measure***

Esta etapa assenta na aplicação da ferramenta VSM, onde estão implícitas outras técnicas e ferramentas para apurar todos os KPIs relevantes às oportunidades de melhoria identificadas. As técnicas e ferramentas utilizadas nesta fase são descritas de seguida:

- VSM – Esta ferramenta tem um princípio simples e eficaz que visa agilizar a comunicação, o planeamento e a gestão das melhorias nos processos. Esta permite visualizar todo o processo produtivo e alguns dos seus desperdícios, apenas por observação do fluxo de informação e materiais à medida que ocorrem. O VSM apresenta características que permitem analisar o fluxo produtivo da organização, com o intuito de reduzir o desperdício e promover o fluxo contínuo de produção (Womack & Jones, 2003).

- KPI – Esta ferramenta tem como objetivo medir o desempenho da organização, segundo determinadas métricas. Estas permitem controlar os resultados dos processos, por via da comparação de um estado passado para o estado atual desse processo. Esta comparação permite analisar a sua evolução dos processos medidos, contribuindo assim para uma melhor análise dos processos de uma organização.
- *Takt time* – *Taiichi Ohno* define *Takt Time* como “o resultado da divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia” (Alvarez & Antunes, 2001). Este tempo corresponde à cadência produtiva necessária para fazer face à procura solicitada pelo mercado.
- *Lead Time* – Este tempo mede a duração do processamento de um produto, desde que entra no processo produtivo como matéria-prima até sair como produto acabado e entregue ao cliente. Para a medição deste tempo são contabilizados os tempos produtivos e não produtivos, tal como o tempo de ciclo. No entanto este é utilizado para determinar o tempo que o cliente tem de esperar, desde a colocação da encomenda até à receção do produto.
- Questionário de Ergonomia – Este utensílio de investigação é utilizado com o intuito de fornecer ao pesquisador a informação pretendida. Para tal, é necessário formular cuidadosamente as perguntas, de modo obter respostas assertivas e de encontro às necessidades do pesquisador.

### *Analyze*

É nesta etapa que tem lugar uma análise mais detalhada aos problemas, tendo por objetivo a identificação das possíveis causas que os originam. Nesse sentido são utilizadas ferramentas adequadas para fazer face aos problemas existentes, na perspetiva ergonómica e produtiva:

- Diagrama de *Ishikawa* ou de causa-efeito – Esta ferramenta é também conhecida por 6M, e trata-se de uma ferramenta que possibilita a melhoria dos processos, através da identificação de todas as causas que comprometem o processo ou que causam um problema. A sua construção é constituída pelas 6 categorias: Mão-de-obra, Material, Máquina, Método, Meio ambiente e Medida. Através destas categorias, as causas que influenciam o processo são identificadas. Para que esta ferramenta seja bem aplicada, é conveniente a participação de vários intervenientes do processo, de modo a obter o máximo de causas identificadas através de *brainstorming*.
- *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) – Trata-se de uma metodologia que tem como objetivo reduzir o WIP, através da redução do tempo de preparação necessário entre a produção da última unidade de um lote e a primeira do próximo lote a produzir. Este tempo designa-se por tempo de *setup*, sendo fundamental minimizá-lo por se tratar de um desperdício em termos de tempo e de dinheiro, pois é uma atividade que não acrescenta qualquer valor ao produto. A aplicação desta metodologia possibilita um melhor aproveitamento de tempo, e

uma consequente melhoria na produtividade. Um bom exemplo da aplicação da metodologia SMED é a *Pit Stop* no desporto automóvel *Fórmula 1*, na medida em que as atividades de abastecimento de combustível e a troca de pneus não acrescentam valor à prestação na corrida, pelo que devem ser executadas no menor tempo possível.

Segundo Shingo (1985) existem dois tempos de *setup* distintos, o *setup* interno e o *setup* externo. O *setup* interno trata-se de uma operação na qual a máquina está parada, sendo que neste tempo não se executa qualquer atividade que acrescenta diretamente valor ao produto. No *setup* externo a máquina continua o seu funcionamento normal, não comprometendo assim o seu tempo útil com valor acrescentado. Deste modo, é vantajoso transformar os *setups* internos em externos, para que não comprometam o tempo útil da máquina.

A abordagem desta metodologia segue as seguintes etapas:

- Estágio preliminar, onde é feito o levantamento de todas as tarefas inerentes a uma mudança de ferramentas;
- 1ª Fase, onde as tarefas identificadas no estágio preliminar são classificadas como *setups* internos ou externos;
- 2ª Fase, onde é feita a conversão das tarefas classificadas como *setups* internos, para externos de modo a reduzir o tempo de paragem da máquina;
- 3ª Fase, na qual é feita uma análise mais crítica das tarefas de preparação. Com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* e reduzir o custo associado, as tarefas serão analisadas de modo a simplificar este tempo de mudança.

É representado na Figura 3.3 um diagrama representativo do objetivo da ferramenta SMED.



Figura 3.3 – Objetivo da ferramenta SMED

- Equação de *Niosh* (Waters et al., 1993) – Este método de análise permite avaliar as tarefas nas quais são realizados levantamentos de cargas pelos operadores, através do cálculo da Carga Limite Recomendada e do Índice de Levantamento, de modo a apurar causas que geram problemas nas costas ou dores na coluna vertebral.

Para o sucesso dos resultados obtidos com este método deverão ser cumpridos os seguintes pressupostos (Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994):

- O movimento de levantamento deverá ser progressivo, sem movimentos bruscos;
- O levantamento das cargas deverá ser feito com as duas mãos;



- A distância entre o ponto inicial da carga e a coluna deverá ser de 75cm, no máximo;
- Ausência de restrição de movimentos aquando do levantamento;
- Boa aderência à superfície do solo;
- Boas condições ambientais.

A equação de *Niosh* possibilita a análise da frequência do levantamento, a excentricidade, a distância de levantamento e a altura. O cálculo através da equação proporciona uma análise detalhada, na medida em que os rácios podem ser analisados separadamente, tornando assim possível apurar qual dos fatores contribui mais para o aumento do valor final. A equação de *Niosh* permite calcular a Carga Limite Recomendada (CLR) e do Índice de Levantamento (LI). Na Figura 3.4 é apresentada a equação referente ao cálculo do CLR.

CLR	Carga Limite Recomendada	$LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM$
Onde:		
LC	Carga Constante	23 Kg
HM	Multiplicador Horizontal	25/H
VM	Multiplicador Vertical	$1 - (0.003   V - 75   )$
DM	Multiplicador de distância	$0.82 + ( 4.5 / D )$
AM	Multiplicador de Assimetria	$1 - ( 0.0032 * A )$
FM	Multiplicador de Frequência	Tabela 3.1
CM	Multiplicador de Interface	Tabelas 3.2 e 3.3

Figura 3.4 – Método de cálculo da equação de *Niosh*

Sendo:

**H** – Distância horizontal entre a base da coluna e a carga a levantar;

**V** – Distância vertical entre as mãos e o solo no início do levantamento;

**D** – Distância vertical percorrida entre o ponto de partida e de chegada;

**A** – Ângulo de assimetria entre o ponto de partida e de chegada, relativamente ao plano sagital;

**F** – Frequência de levantamento por unidade temporal:

**Curta duração** – 1 hora ou mais sem paragens, seguida de 20% do tempo de trabalho em descanso;

**Média duração** – 2 horas ou mais sem paragens, seguidas de 30% do tempo de trabalho em descanso;

**Longa duração** – 8 horas ou mais sem paragens, com descanso apenas a meio da manhã, almoço e a meio da tarde.

A Figura 3.5 ilustra as distâncias a medir para o cálculo do CLR.

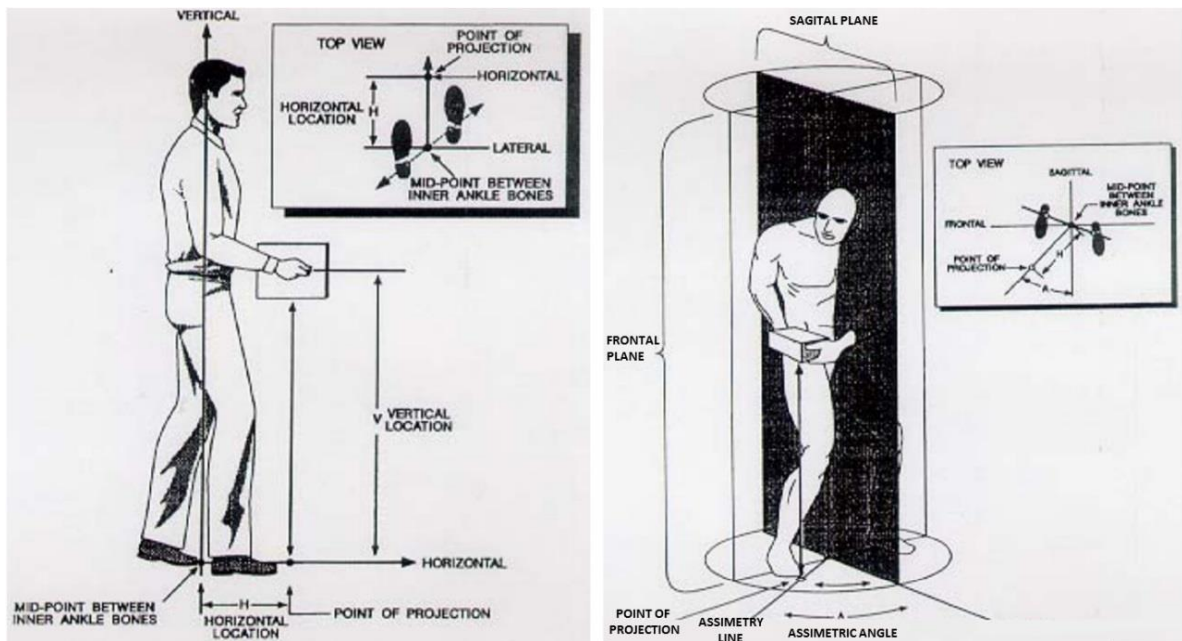


Figura 3.5 – Representação das medidas de referência (Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994)

Tabela 3.1 – Multiplicador de frequência (Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994)

Multiplicador de Frequência	Duração do tempo de trabalho					
	≤ 8 horas		≤ 2 horas		≤ 1 hora	
Levant./min.	V<75cm	V≥75cm	V<75cm	V≥75cm	V<75cm	V≥75cm
≤ 0,2	0,85	0,85	0,95	0,95	1,00	1,00
0,5	0,81	0,81	0,92	0,92	0,97	0,97
1	0,75	0,75	0,88	0,88	0,94	0,94
2	0,65	0,65	0,84	0,84	0,91	0,91
3	0,55	0,55	0,79	0,79	0,88	0,88
4	0,45	0,45	0,72	0,72	0,84	0,84
5	0,35	0,35	0,60	0,60	0,80	0,80
6	0,27	0,27	0,50	0,50	0,75	0,75
7	0,22	0,22	0,42	0,42	0,70	0,70
8	0,18	0,18	0,35	0,35	0,60	0,60
9	0,00	0,15	0,30	0,30	0,52	0,52
10	0,00	0,13	0,26	0,26	0,45	0,45
11	0,00	0,00	0,00	0,23	0,41	0,41
12	0,00	0,00	0,00	0,21	0,37	0,37
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 3.2 – Qualidade interface mão-objeto (adaptado de Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994)

<b>Boa</b>	<b>Aceitável</b>	<b>Fraca</b>
Objetos com formato ideal, como por exemplo algumas caixas ou cestos. Uma boa interface mão-objeto pode ser constituída por alças ou pegas adequadas (ver notas de 1 a 3).	Objetos com formato ideal, onde uma boa interface mão-objeto pode constituída por alças ou pegas de <i>design</i> aceitável (ver notas de 1 a 4).	Objetos com formato menos adequado ou com pontas soltas de objetos irregulares e volumosos. Díficeis de manusear ou com extremidades afiadas (ver notas de 1 a 6).
Para peças soltas ou objetos irregulares que não são normalmente encaixotados, como peças fundidas, <i>stock</i> e materiais de fornecimento. Uma boa interface mão-objeto pode ser constituída por uma pega confortável onde a mão envolve o objeto (ver nota 6).	Objetos com formato ideal sem pegas, alças ou recortes, ou para peças soltas ou objetos irregulares. Uma boa interface mão-objeto é definida por uma boa aderência, onde a mão poderá ser fletida até 90 graus (ver nota 4).	Levantamento de sacos pouco rígidos, como sacos que se dobram a meio.

Nota 1: Um ótimo para manuseamento tem de 1.9 a 3.8 cm de diâmetro, 11.5 cm de comprimento, um espaço livre de 5 cm, forma cilíndrica e uma superfície não escorregadia e suave.

Nota 2: Uma pega ótima tem as seguintes características: altura da pega igual ou superior a 3.8 cm, 11.5cm de comprimento, uma forma semioval, um espaço livre de 5 cm, superfície lisa não deslizante e 0.6 cm de espessura do recipiente (papelão duplo por exemplo).

Nota 3: Uma caixa ideal tem um mínimo de 40 cm de comprimento, 30 cm de largura e uma superfície suave não deslizante.

Nota 4: O operador deverá ser capaz de colocar os dedos a quase 90 graus na base do recipiente, tal como é requerido quando se trata do levantamento de uma caixa de cartão a partir do chão.

Nota 5: Um recipiente é considerado desadequado se tiver um comprimento inferior a 40 cm, uma altura até 30 cm, de superfície rugosa e escorregadia, pontas afiadas, centro de massa assimétrico, interior instável ou se requerer o uso de luvas. Um objeto solto é considerado volumoso se a carga não for facilmente controlável entre as mãos.

Nota 6: Um trabalhador deverá estar apto para envolver as mãos em redor do objeto sem esforço, sem causar torções excessivas nos pulsos ou posturas inadequadas, e o manuseamento não deverá exigir uma força excessiva.

Tabela 3.3 – Multiplicador de interface (adaptado de Waters, Putz-Anderson e Garg, 1994)

Tipo de interface	Multiplicador devido à interface mão-objeto	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Boa	1.00	1.00
Aceitável	0.95	1.00
Fraca	0.90	0.90

Após o cálculo da Equação de *Niosh* segue-se então o cálculo do LI através da seguinte expressão:

$$\text{LI} = \frac{\text{Índice de Levantamento}}{\text{Carga / CLR}}$$

O valor obtido no Índice de Levantamento (LI) deverá ser interpretado em função do critério apresentado na Tabela 3.4:

Tabela 3.4 – Avaliação do valor do Índice de Levantamento

LI	Avaliação
$LI \leq 0,85$	Tolerável, não existe necessidade de melhoria.
$0,85 \leq LI \leq 1,0$	Significativo, recomenda-se uma melhoria no posto de trabalho de modo a reduzir o esforço físico.
$LI \geq 1,0$	Prejudicial, o redesenho é essencial. O projeto deverá ser melhorado de acordo com as variáveis mais críticas.

### ***Improve***

As melhorias são propostas, discutidas e implementadas nesta etapa. Com as melhorias implementadas, os KPIs determinados na etapa *Measure* deverão ser novamente calculados, de modo a quantificar as melhorias do ponto de vista produtivo e ergonómico. De seguida serão descritas as ferramentas utilizadas nesta fase:

- *Brainstorming* – Trata-se de uma técnica de dinâmica de grupo, de modo a potenciar a criatividade e novas ideias dos intervenientes do projeto. Esta ferramenta é transversal na gestão de uma organização, sendo que é útil na gestão de projetos, implementação de melhorias, gestão de processos e gestão de pessoas.
- Metodologia 5S – Esta metodologia surgiu por necessidade nas empresas japonesas após a Segunda Guerra Mundial, devido a um excesso de sujidade e desorganização nas fábricas. É uma ferramenta bastante útil e fácil de aplicar, pois baseia-se em medidas simples que abrangem toda a estrutura da organização e dela resulta uma rápida amortização do investimento feito (Liker, 2004).

Trata-se de um conjunto de 5 palavras japonesas que se focam na remoção do desnecessário, organização, limpeza, padronização e autodisciplina nos postos de trabalho:

- *Seiri* (Eliminação do desnecessário) – O posto de trabalho deverá estar livre de ferramentas e matéria-prima que não se usa, uma vez que causa inventário excessivo e desnecessário (Kaplan, 2008). Os materiais a manter no posto de trabalho deverão ser classificados pela frequência de utilização para um posicionamento ideal.
- *Seiton* (Organização do local de trabalho) – O local de trabalho deverá estar devidamente organizado e com o *layout* ideal para que os funcionários possam aceder ao que precisam de forma rápida e intuitiva. Esta fase irá impedir que os funcionários percam tempo à procura de ferramentas ou de matéria-prima.
- *Seiso* (Limpeza do local de trabalho) – Um posto de trabalho mantido limpo pode evitar acidentes, erros, falta de produtividade e de eficiência (Kaplan, 2008). Para tal é incentivada a auto inspeção, de forma a melhorar o desempenho dos funcionários.
- *Seiketsu* (Aplicação de procedimentos de limpeza e manutenção) – Nesta fase é verificado o sucesso das três fases anteriores. Através da normalização dos procedimentos das fases anteriores é possível estabelecer previsões mais assertivas do tempo despendido para desempenhar esta tarefa.
- *Shitsuke* (Autodisciplina) – Esta fase consiste na manutenção de todas as fases anteriores. Para que esta fase seja cumprida, é necessária uma boa aceitação por parte de todos os funcionários da organização, o que nem sempre acontece. Geralmente existe uma grande resistência à mudança, fazendo desta fase a mais demorada.

Na figura 3.6 são representados os cinco passos desta metodologia.

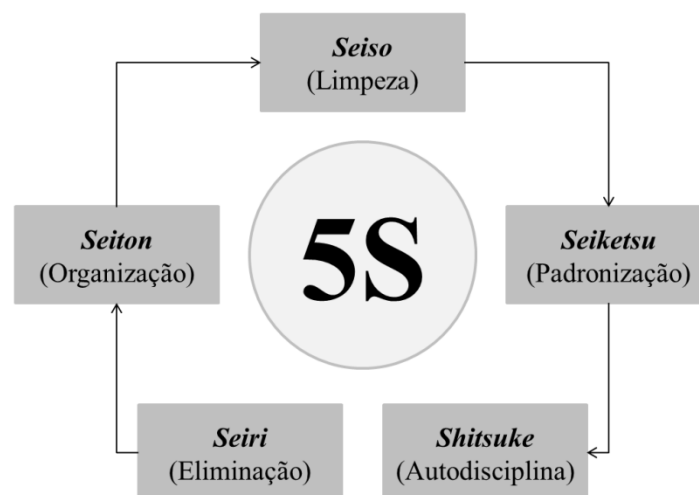


Figura 3.6 – Ferramenta 5S (adaptado de Osada, 1991)

### **Control**

Trata-se da etapa mais prolongada, que visa garantir a manutenção de todas as melhorias implementadas, através de ferramentas de controlo e gestão da produção:

- Controlo visual – Utilizada com o intuito de avaliar o desempenho dos postos de trabalho, através de sistemas de sinalização e indicadores. Estes devem ser perceptíveis mesmo para alguém que não esteja familiarizado com o processo em si. Sem recorrer a estudos aprofundados do processo é assim possível avaliar rapidamente o rendimento de um posto de trabalho através de indicadores de cadência, histórico de produção e constituição de *stocks*. É também possível ver se os operadores estão a desempenhar o processo da forma correta, por observação das normas de procedimentos. Assim sendo, esta fase visa a deteção de problemas como excesso de *stock*, tempos de paragem, mau procedimento ou deslocações desnecessárias.

### **3.2. Procedimento utilizado**

A abordagem às oportunidades de melhoria foi feita através das etapas do ciclo DMAIC\_erg. Tem início numa fase preliminar, seguida das fases *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* e *Control*.

A fase preliminar permite a identificação dos problemas existentes no funcionamento da empresa, sendo que apenas alguns serão abordados neste estudo, e outros serão classificados como trabalho futuro. É ainda apresentada de forma sintetizada a abordagem realizada a cada oportunidade de melhoria, de acordo com a etapa da metodologia.

Na fase *Define* serão definidos os aspetos a melhorar através de um mapa resumo das perdas identificadas. Este mapa serve como auxílio para a identificação da natureza dos desperdícios identificados em cada processo, por via da ferramenta *CTQ tree*. São então definidos os processos a incidir do ponto de vista produtivo, salvaguardando a saúde e segurança dos operadores. Por fim, é elaborado o *Project Charter* para formalizar o início do projeto e os seus intervenientes. Na Figura 3.7 é ilustrado o procedimento desta fase.

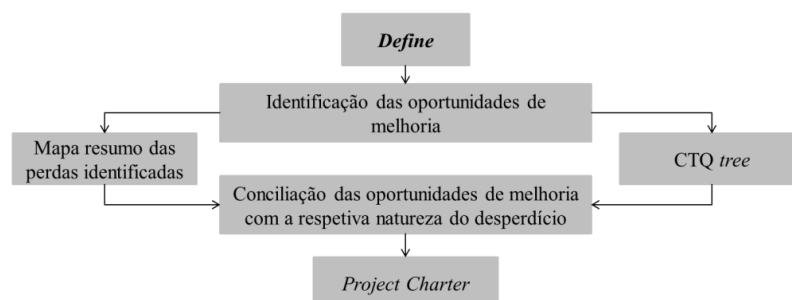


Figura 3.7 – Procedimento seguido na fase *Define*

A fase *Measure* tem como objetivo quantificar as métricas relevantes para o estudo, do ponto de vista produtivo e ergonómico. Para tal, são aplicadas ferramentas que permitem mensurar estas métricas. Do ponto de vista ergonómico, as métricas foram estabelecidas através da realização de um questionário às operadoras sobre o ambiente e condições de trabalho, tendo sido respondido por uma população de 15 operadoras. O questionário é apresentado na Figura 3.8.

<u>Questionário</u>				
1. Como classifica o seu ambiente de trabalho?				
<b>Iluminação</b>	<b>Ruído</b>	<b>Esforço físico</b>	<b>Limpeza</b>	<b>Temperatura</b>
Muito bom ____	Excessivo ____	Excessivo ____	Muito bom ____	Quente ____
Bom ____	Forte ____	Forte ____	Bom ____	Razoável ____
Razoável ____	Aceitável ____	Aceitável ____	Razoável ____	Frio ____
Mau ____	Fraco ____	Fraco ____	Mau ____	Muito Frio ____
Muito mau ____	Inexistente ____	Inexistente ____	Muito mau ____	
2. Classifique as atividades da escala de acordo com o esforço físico exigido, na escala de 1 a 5. (1 é o nível mais leve, e 5 é o mais pesado).				
Abastecimento ____ Escala ____ Limpeza ____ Salga ____				
3. Da atividade que seleccionou como a mais exigente fisicamente, indique as razões que a fez escolher a atividade: (marque com X)				
Tem grandes esforços musculares				
Requer uma postura incorreta				
Exige a repetição e precisão de movimentos				
Tem um ritmo intenso e repetitivo				
Implica más condições de higiene e segurança				
Requer elevação de pesos a diferentes alturas				

Figura 3.8 – Questionário realizado às operadoras

Na perspetiva de produção, foi elaborado o VSM de todo o processo produtivo, e identificadas as métricas mais relevantes para os processos a melhorar. A Figura 3.9 representa a abordagem nesta fase da implementação da metodologia.

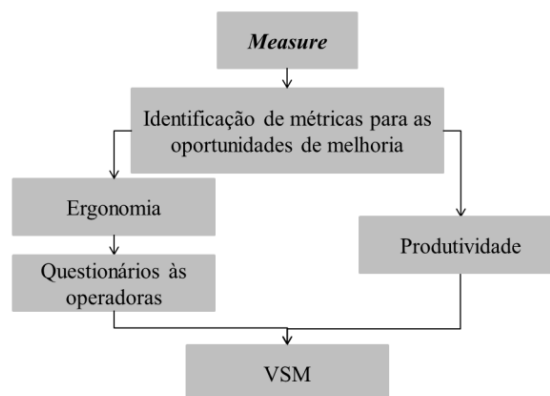


Figura 3.9 – Procedimento seguido na fase *Measure*

Na fase *Analyze* são analisados os problemas identificados na fase *Define*, de acordo com as métricas calculadas no *Measure*. Esta trata-se da primeira fase a abordar os problemas individualmente, devido ao facto de cada um requerer uma abordagem distinta. Para tal, é utilizado o diagrama de *Ishikawa* por se tratar de uma ferramenta adequada para apurar as causas de um problema. A equação de *Niosh* é igualmente útil para analisar a exigência física de alguns processos, e a metodologia *SMED* contribui para a redução de tempos de *setup*. Na Figura 3.10 é demonstrada a abordagem feita às diferentes oportunidades de melhoria.

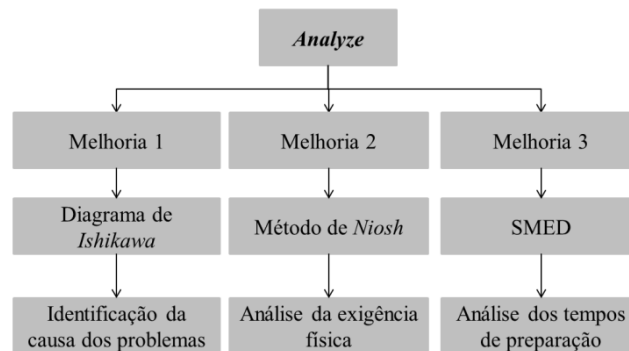


Figura 3.10 – Procedimento seguido na fase *Analyze*

As melhorias são implementadas na fase *Improve* de acordo com a análise feita na fase anterior. Estas medidas são aplicadas como seguimento aos problemas identificados anteriormente. Recorrendo a ferramentas adequadas a cada problema será possível quantificar a melhoria implementada. Através da utilização da metodologia *5S* é possível organizar e manter o posto de trabalho limpo, e a implementação de algumas melhorias irá causar a padronização dos processos. As operadoras serão novamente inquiridas relativamente ao ambiente e condições de trabalho, de modo a quantificar a melhoria obtida. A Figura 3.11 apresenta o procedimento seguido na fase *Improve*.

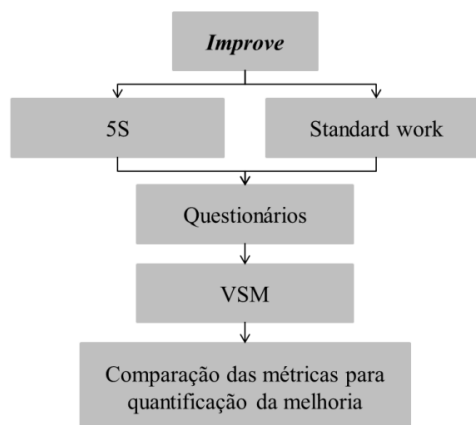


Figura 3.11 – Procedimento seguido na fase *Improve*



Tratando-se da fase mais extensa da metodologia, a fase *Control* é fundamental para garantir a manutenção das melhorias implementadas. Para tal, estas deverão estar devidamente documentadas e normalizadas. A criação de normas de procedimento e indicadores de produtividade facilita o controlo visual, para uma avaliação mais rápida do sistema produtivo. O acompanhamento a fazer nesta fase é apresentado na Figura 3.12.

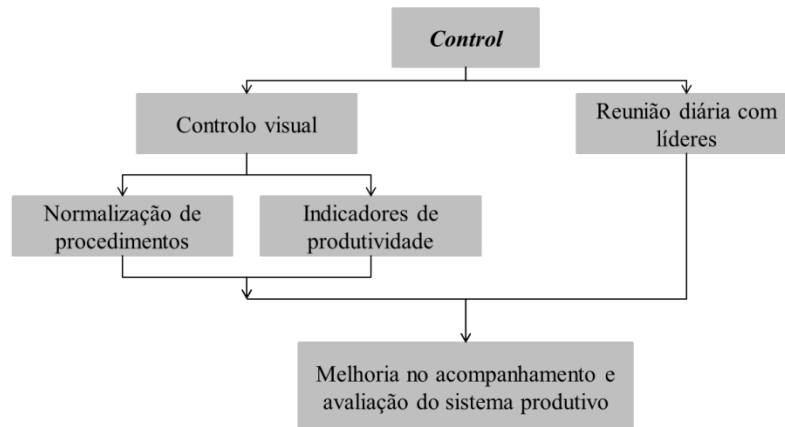


Figura 3.12 – Procedimento seguido na fase *Control*

## 4. Apresentação da empresa

---

Neste capítulo será apresentada a empresa a estudar para o desenvolvimento do caso de estudo. Para tal, será apresentada uma breve história da empresa, seguida da sua caracterização considerando o segmento de mercado onde se insere, o tipo de produtos fabricados, as tecnologias e meios utilizados, bem como uma pormenorizada descrição do fluxo de produção.

### 4.1. Riberalves

A Riberalves é uma empresa nacional que tem atividade no setor alimentar, sendo líder de mercado no processamento e venda de bacalhau em Portugal.

A empresa foi fundada em 1985 por João Alves, dedicando-se à venda de produtos alimentares (onde já se incluía o bacalhau) e bebidas. Com o objetivo de formar a sua própria indústria de processamento de bacalhau, a Riberalves começou por utilizar espaços arrendados. Em 1993 a empresa inaugurou a sua primeira fábrica no Carvalhal – Torres Vedras. Em 2002 a Riberalves comprou a Comimba, atualmente uma das maiores fábricas mundiais do setor. Esta aquisição permitiu um aumento de produção em 60%. Inicialmente com 30 funcionários, a empresa proporciona nos dias de hoje mais de 450 postos de trabalho. Este crescimento sustentável tornou-se possível através de uma estratégia bem definida e de uma constante inovação.

A Riberalves vende dois tipos de produto acabado, o bacalhau salgado e o bacalhau demolhado ultracongelado. O bacalhau ultracongelado foi uma aposta da empresa há alguns anos, sendo que atualmente representa 43% do volume de vendas da empresa.

O consumo nacional de bacalhau é de 60 a 70 mil toneladas por ano. A Riberalves produz cerca de 30 mil toneladas de bacalhau por ano, sendo que parte desta produção é para exportação. Este valor demonstra claramente a posição de liderança da empresa neste segmento de mercado. A equipa de gestão da empresa tem uma constante preocupação na procura pela otimização e inovação de todo o seu funcionamento, o que se reflete na sua posição distinta de líder de mercado.

Com o crescimento do consumo de bacalhau a nível internacional, a Riberalves investiu recentemente na exportação, tendo aumentado o valor das exportações na ordem dos 500 por cento nos últimos 5 anos. O mercado brasileiro é o que mais produto absorve a seguir a Portugal, representando aproximadamente 33% do volume de vendas (em quantidade).

Na Figura 4.1 é apresentado o organigrama da empresa.

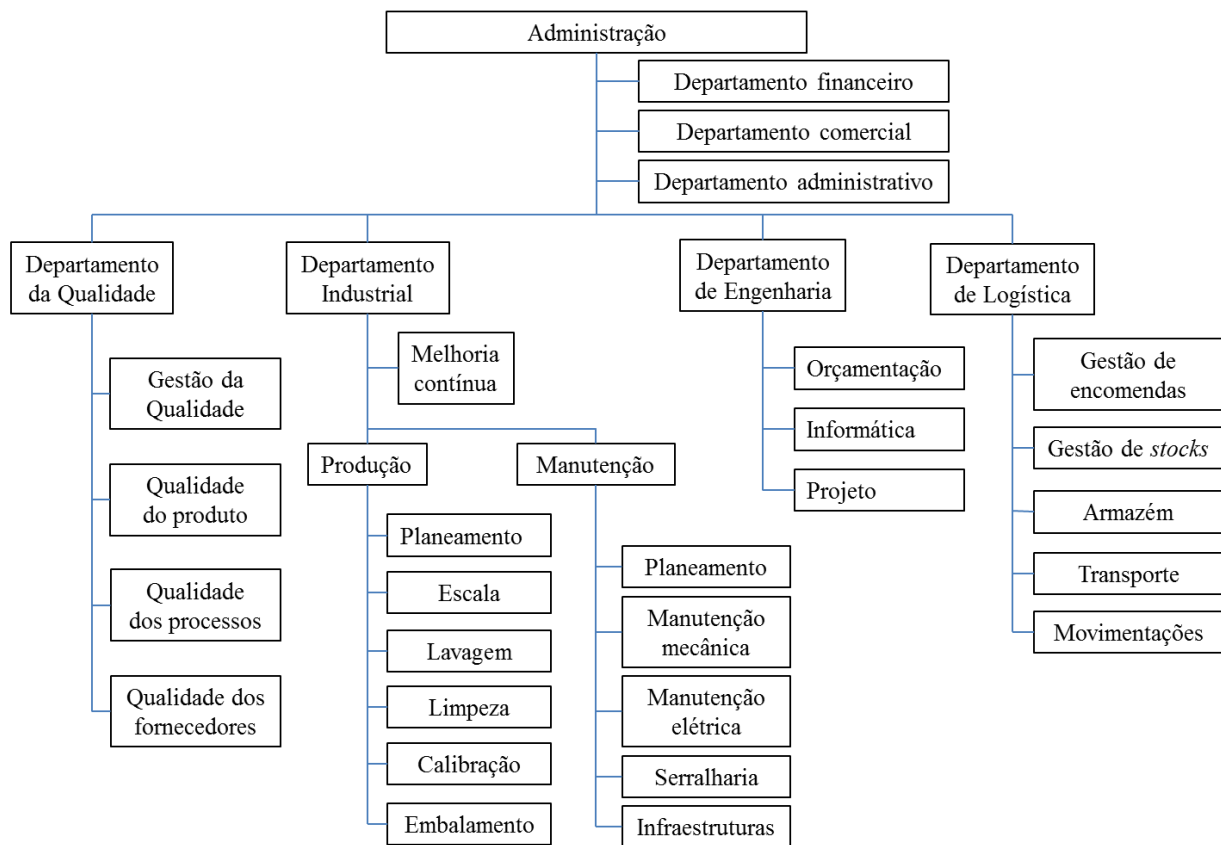


Figura 4.1 – Organigrama da empresa Riberalves

O estudo realizado neste estágio tem lugar no departamento de melhoria contínua. A incidência deste departamento na estrutura da empresa é praticamente transversal, no entanto tem uma influência direta sobre o departamento de produção de manutenção.

## 4.2. Descrição do processo produtivo

O processamento do bacalhau na fábrica Riberalves é feito desde a chegada do peixe vindo do mar, até à sua expedição como produto acabado. Com o intuito de obter inicialmente uma visão macro do funcionamento da empresa, é usada a ferramenta SIPOC representada na Tabela 4.1. Esta ferramenta apresenta o funcionamento da empresa de uma forma bastante sintetizada, de modo a agilizar a sua compreensão.

Tabela 4.1 – Aplicação da ferramenta SIPOC na empresa Riberalves

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Bacalhau	Bacalhau	Descongelação de bacalhau ↓ Escala de bacalhau ↓ Limpeza AB ↓ Salga ↓ Maturação ↓ Lavagem ↓ Secagem ↓ Embalamento	Embalagem de bacalhau seco	Indústria de retalho
Sal	Sal			
Embalagens	Embalagem			
Elettricidade	Energia elétrica			
Água (captação)	Água		Embalagem de bacalhau demolido ultracongelado	HORECA

Na Figura 4.2 é apresentado o fluxograma do processamento de bacalhau, de forma a facilitar a compreensão do processo produtivo da Riberalves.

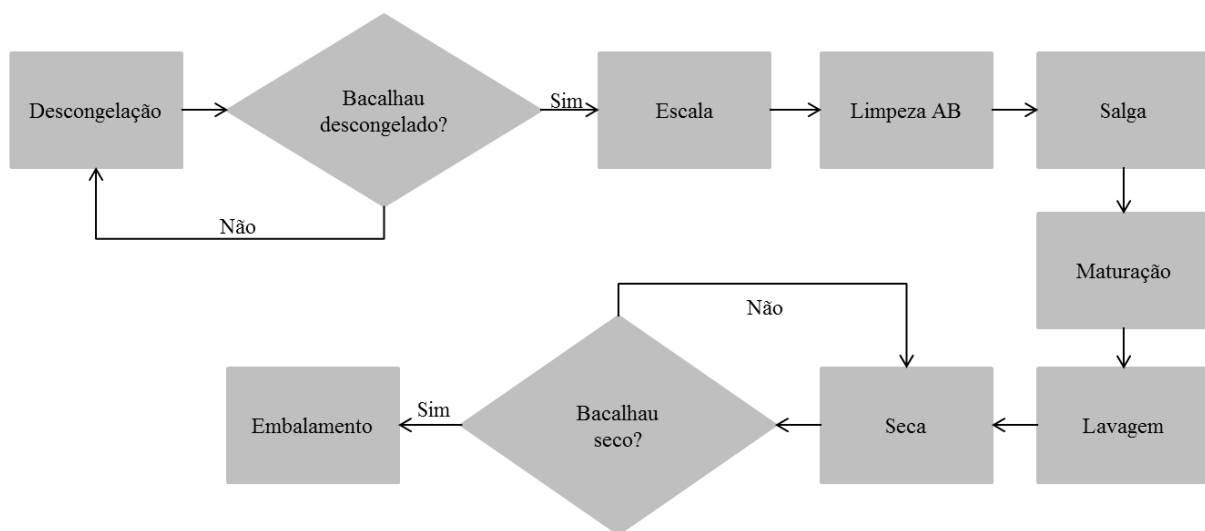


Figura 4.2 – Fluxograma do processamento de bacalhau

De seguida é descrito todo o fluxo produtivo da empresa:

- *Abastecimento* – O bacalhau chega congelado, sem cabeça e sem entranhas, em sacos de 25Kg e acondicionado em paletes. É armazenado em câmaras de frio concebidas para o efeito até ser requisitado para produção. Este processo sucede no final do dia de trabalho, e consiste na colocação do bacalhau congelado em tanques de descongelação para que permaneça em descongelação durante a noite, com o objetivo de ser processado no dia seguinte. Este *Abastecimento* é feito por operadoras dos processos de *Escala*, *Limpeza AB* e *Salga*, sendo que

são alocadas 12 operadoras para este processo. A Figura 4.3 ilustra a disposição das paletes de bacalhau congelado em redor dos tanques de descongelação.

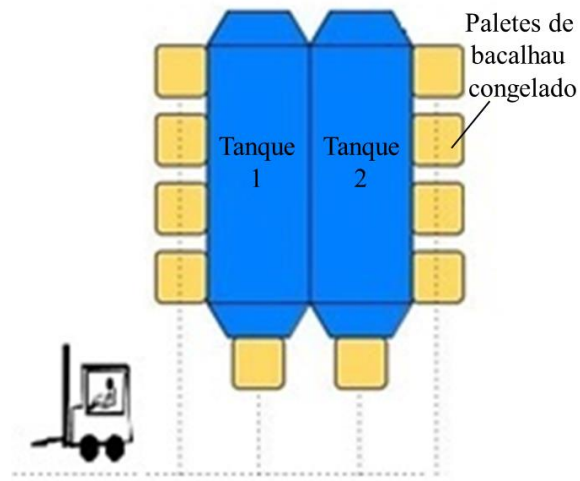


Figura 4.3 – Disposição das paletes de congelado em redor dos tanques de descongelação

Na Figura 4.4 é apresentado um tanque no final do dia, com peixe ainda congelado. Todas as paletes representadas na figura são colocadas por um empilhador, e nestas estão contidos os sacos de bacalhau congelado.



Figura 4.4 – Tanques de descongelação do bacalhau

- *Escala* – No início do dia com o peixe descongelado, este segue por passadeiras instaladas no interior dos tanques, sendo encaminhado para as máquinas de escalar. Cada máquina necessita de uma operadora para direcionar o peixe, de modo a que este seja escalado e limpo. A Figura 4.5 ilustra uma operadora a encaminhar o peixe para o interior da máquina de escalar.



Figura 4.5 – Operadora a colocar o bacalhau na máquina de escalar

- *Limpeza AB* – À saída das máquinas de escalar existe um tapete que abastece os postos de limpeza do peixe. As operadoras alocadas a estes postos procedem então à limpeza do peixe, removendo o sangue e algumas peles que a máquina não retirou. A Figura 4.6 ilustra uma operadora a retirar o sangue do bacalhau.



Figura 4.6 – Limpeza do bacalhau



- *Salga* – Depois de limpo o peixe segue por uma passadeira até ao posto da *Salga*. Neste processo as operadoras colocam o bacalhau dentro de tinas concebidas para o efeito, que são preenchidas com camadas de sal e de peixe, alternadamente. É no interior destas tinas que é criada a salmoura líquida. A Figura 4.7 mostra a colocação do bacalhau aberto no interior das tinas, para que seja coberto por sal de seguida.



Figura 4.7 – Colocação de bacalhau e sal no interior das tinas

- *Maturação* – As tinas com bacalhau são armazenadas para que este permaneça em maturação durante vários dias, através da criação de salmoura líquida. Seguidamente a salmoura líquida é retirada, fazendo com que o peixe liberte boa parte da sua humidade e que mantenha apenas contacto com o sal. A Figura 4.8 demonstra o armazenamento das tinas, onde o bacalhau permanece em maturação.



Figura 4.8 – Zona de maturação

- Apresentação da empresa -

- *Lavagem* – O bacalhau já salgado é retirado das tinas onde esteve em maturação, entrando de seguida em tanques de lavagem para remoção do sal, tal como representado na Figura 4.9. Com a maioria do sal removido, segue-se então o processo de seca do bacalhau. Neste processo estão alocadas, em média, 6 operadoras.



Figura 4.9 – Lavagem do bacalhau

- *Seca* – O peixe é colocado em carros com várias prateleiras, concebidos para levar o bacalhau para os túneis de secagem. Estes túneis estão concebidos para a remoção da humidade do peixe, levando um período de 45 a 110 horas de secagem dependendo do tipo e tamanho de peixe. Na Figura 4.10 os carros estão cheios de bacalhau, no interior do secador.



Figura 4.10 – Túneis de secagem de bacalhau



- *Embalamento* – Com o processo de secagem concluído, o bacalhau é retirado dos secadores, dando entrada na zona de embalagem. Aqui o bacalhau é embalado e expedido inteiro como bacalhau seco, como demonstrado na Figura 4.11.

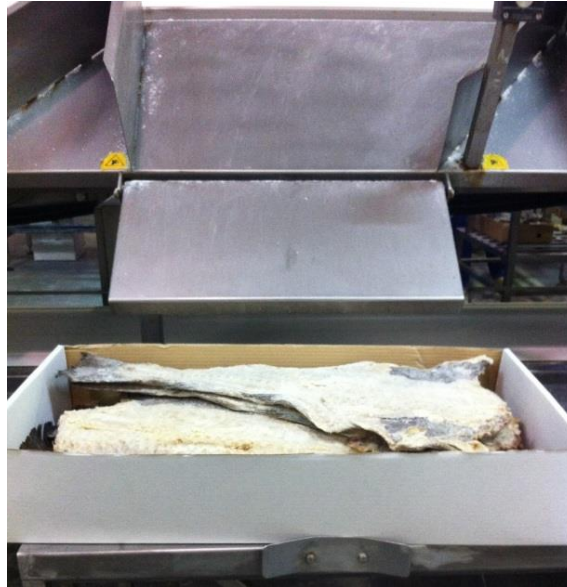


Figura 4.11 – Embalamento de bacalhau seco

De forma a ajudar na perceção da sequência do processamento, na Figura 4.12 é apresentado o *layout* simplificado com o fluxo produtivo da Riberalves.

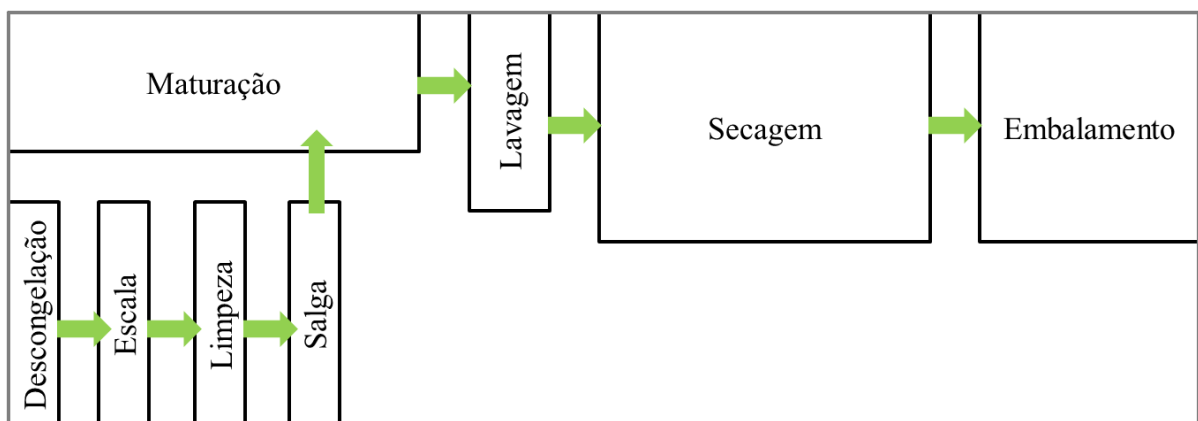


Figura 4.12 – *Layout* simplificado com o fluxo produtivo da Riberalves

## 5. Aplicação de princípios de melhoria contínua

---

Neste capítulo serão aplicados os princípios *Lean* Seis Sigma e Ergonómicos às oportunidades de melhoria. A abordagem à metodologia DMAIC\_erg será faseada, sendo que este capítulo é repartido em vários subcapítulos onde serão detalhadas as fases da metodologia e as respetivas ferramentas utilizadas.

Numa primeira fase será feito um levantamento das oportunidades de melhoria identificadas em todo o processo produtivo da empresa. Na segunda fase (*Define*) serão selecionadas as oportunidades de melhoria a abordar, de acordo com a sua prioridade. Na terceira fase (*Measure*), serão definidos e calculados os KPIs do processo produtivo, de modo a quantificar o seu desempenho atual. Na quarta fase (*Analyze*) os processos em questão serão analisados de uma forma mais exaustiva, de modo a apurar as respetivas causas de ocorrência. Na quinta fase (*Improve*) serão implementadas as melhorias, e será medido o impacto que estas têm no desempenho do processo produtivo. A sexta e última fase (*Control*) terá o objetivo de normalizar os procedimentos e garantir a prática das melhorias implementadas. Todas as fases terão o apoio de ferramentas e metodologias, selecionadas em função da natureza das oportunidades de melhoria.

### 5.1. Identificação das oportunidades de melhoria

Numa primeira instância foi realizado um levantamento das oportunidades de melhoria ao longo do processo produtivo da empresa. Na Figura 5.1 apresenta-se o levantamento das oportunidades de melhoria desde o processo de *Abastecimento* até ao *Embalamento*. Este levantamento foi feito por observação direta do processo produtivo, por *focus group* e pelo controlo dos tempos de produção de cada processo. Todos os problemas identificados serão sujeitos a uma abordagem corretiva, no entanto alguns serão abordados apenas no futuro.

Este estudo irá incidir numa área de processamento específica da empresa que inclui o *Abastecimento*, a *Escala*, a *Limpeza AB* e a *Salga* do bacalhau. A administração da Riberalves considera fundamental a melhoria destes processos, por se tratarem do início do processo produtivo. Com o intuito de apurar outros fatores prejudiciais à produtividade destes processos, por via de *focus group* obteve-se o *feedback* direto das operadoras. Estas apresentaram queixas relativas à fadiga causada pela exigência física de algumas tarefas e à sujidade acumulada no posto de trabalho ao longo do dia. Esta exigência física prejudica o desempenho das operadoras e a produtividade desta secção. Assim sendo, existe a necessidade de rever as tarefas inerentes a esta área de processamento da fábrica, de modo a reduzir ou mesmo eliminar algumas que comprometam o bom desempenho produtivo da empresa.

Relativamente à acumulação de sujidade nos postos de trabalho, será analisada mais à frente a possibilidade de implementação de medidas preventivas e corretivas.

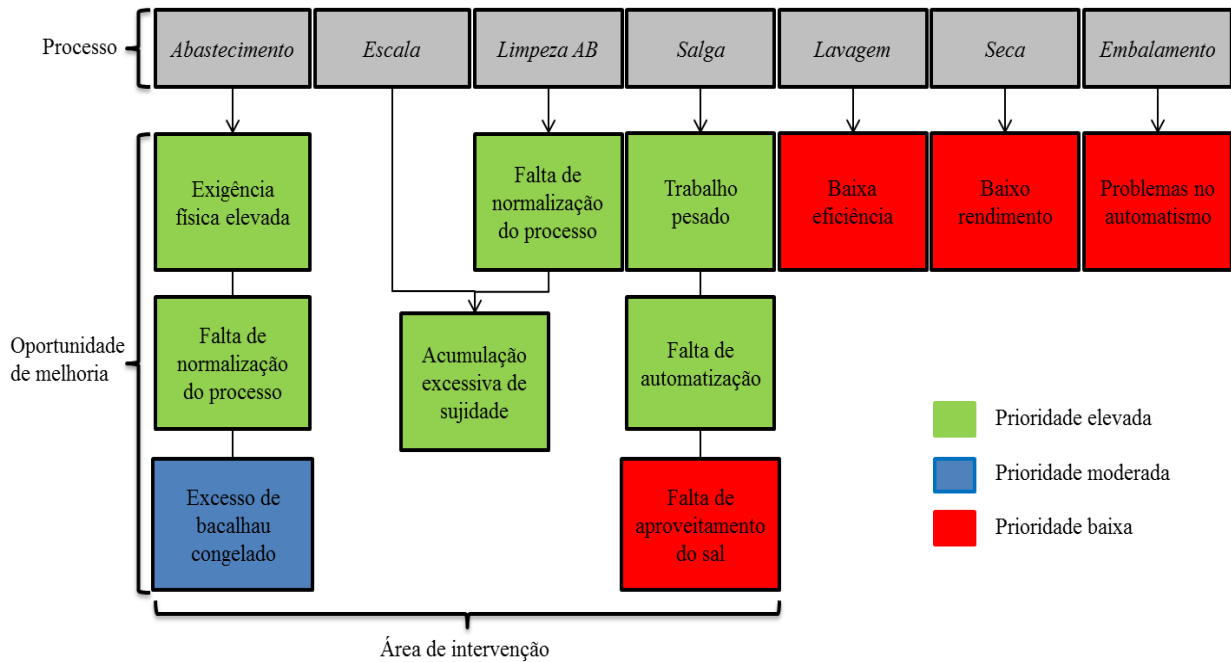


Figura 5.1 – Levantamento das oportunidades de melhoria do processo produtivo da Riberalves

## 5.2. Aplicação da metodologia DMAIC\_erg

Nesta secção são feitas todas as etapas da metodologia, desde a definição dos problemas, mensuração, análise das causas, implementação de melhorias com a quantificação da melhoria obtida e o respetivo controlo.

A Tabela 5.1 tem como objetivo auxiliar a perceção de todo o desenvolvimento do caso de estudo, através da apresentação sintetizada de todas as ferramentas e metodologias utilizadas aquando da aplicação do ciclo DMAIC\_erg nas diferentes oportunidades de melhoria. Nas fases *Define* e *Measure* o processo produtivo foi analisado como um todo, por via de identificação de desperdícios e sua respetiva quantificação. Depois de identificadas as oportunidades de melhoria, estas foram abordadas individualmente nas fases *Analyze*, *Improve* e *Control*.

Tabela 5.1 – Resumo das ferramentas e metodologias utilizadas na aplicação do DMAIC\_erg em cada processo

		Processo		
		<i>Abastecimento</i>	<i>Escala e Limpeza AB</i>	<i>Salga</i>
Etapa	<i>Define</i>	VOC; VOE; CTQ <i>tree</i> ; <i>Project Charter</i>		
	<i>Measure</i>	Questionário sobre as condições de trabalho; VSM		
	<i>Analyze</i>	SMED; Equação de <i>Niosh</i>	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	Diagrama de <i>Ishikawa</i> ; Equação de <i>Niosh</i>
	<i>Improve</i>	Questionário sobre as condições de trabalho; <i>Standard Work</i>	Metodologia 5S	Questionário sobre as condições de trabalho; <i>Standard Work</i>
		VSM		
	<i>Control</i>	Controlo visual		

### 5.2.1. Define

A etapa *Define* é o primeiro passo da metodologia DMAIC\_erg. Esta etapa é fundamental para delinear todo o estudo que se segue nas restantes fases. Neste ponto são definidas as oportunidades de melhoria a abordar, os objetivos e as metas a atingir neste projeto, como tal requer pessoas familiarizadas com o processo produtivo da empresa. Na Figura 5.2 são mencionadas as oportunidades de melhoria classificadas na Figura 5.1 com prioridade elevada. Com a sua resolução espera-se um aumento de produtividade e uma melhoria em termos ergonómicos.



Figura 5.2 – Mapa resumo das oportunidades de melhoria prioritárias

Seguidamente são descritos os problemas identificados na Figura 5.2:

- *Abastecimento:*

Do ponto de vista produtivo, este processo não tem um procedimento de trabalho padronizado, o que causa a variabilidade do desempenho das várias operadoras, criando também uma maior dificuldade de integração de novas operadoras no processo.

Do ponto de vista ergonómico, este processo requer o levantamento de sacos de 25 Kg de bacalhau congelado, causando fadiga nas operadoras.

- *Escala:*

Do ponto de vista produtivo, existe uma acumulação excessiva de sujidade que requer muito tempo para a *Higienização* do posto de trabalho. Esta tarefa não acrescenta valor ao produto, tratando-se assim de um tempo de *setup* que deverá ser minimizado.

Relativamente às condições ergonómicas, a acumulação de sujidade aumenta o risco de escorregamento e queda, pelo que deverá ser minimizado.

- *Limpeza AB:*

Este processo tem o mesmo problema de acumulação de sujidade, fazendo com que as operadoras parem de produzir para proceder à *Higienização*. Este processo não está normalizado, o que gera alguma variabilidade no desempenho das operadoras.

- *Salga:*

Do ponto de vista produtivo, trata-se de um processo manual que requer um número elevado de operadoras alocadas para manter a sua capacidade produtiva nivelada com o *output* do processo anterior, a *Escala*.

Do ponto de vista ergonómico, a atividade de colocação do sal no interior das tinas tem uma elevada exigência física para as operadoras.

Com o intuito de justificar as oportunidades de melhoria mencionadas na Figura 5.2, recorrer-se-á à apresentação das ferramentas VOC e VOE. A VOC dá a conhecer as necessidades do mercado, e a VOE permitirá compreender as necessidades e queixas das operadoras. A administração da Riberalves considera essencial o levantamento e registo da opinião e satisfação dos clientes, bem como a satisfação dos seus operadores. Foi feita a consulta destes dados para a apresentação das ferramentas VOC e VOE, apresentadas nas Figuras 5.3 e 5.4.

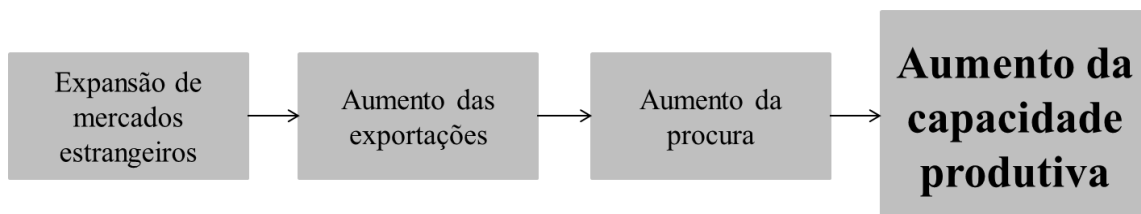


Figura 5.3 – Resultado da ferramenta VOC

A expansão de mercados estrangeiros como o Brasil, Angola e França têm vindo a criar um aumento de exportações. Devido ao aumento da procura em novos mercados em expansão prevê-se o crescimento da Riberalves e a consequente necessidade de aumento da capacidade produtiva da empresa.

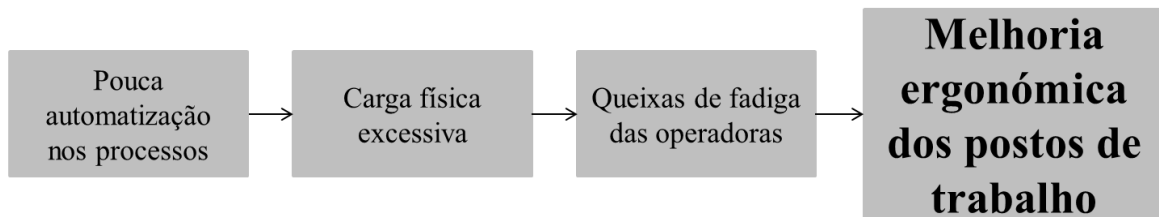


Figura 5.4 – Resultado da ferramenta VOE

Do ponto de vista ergonómico, existem algumas queixas de trabalho pesado e consequente fadiga por parte das operadoras. Tratando-se de um processo com uma grande variabilidade da matéria-prima (tamanho do bacalhau e sub-espécie), os processos são de difícil automatização. No entanto, este estudo irá incidir na tentativa de reengenharia e automatização dos processos de modo a reduzir a carga física das operadoras, melhorando assim a Ergonomia dos postos de trabalho.

Com base nos resultados obtidos nas ferramentas VOC e VOE, procedeu-se então à aplicação da ferramenta CTQ *tree* apresentada na Figura 5.5. Esta ferramenta ajuda na definição da estratégia para abordar as oportunidades de melhoria de forma clara e objetiva.

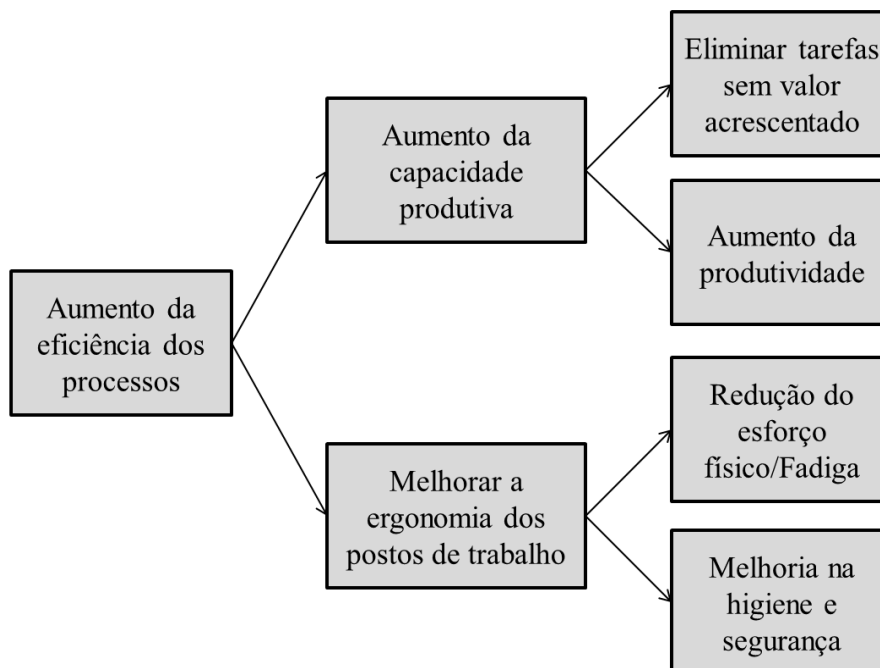


Figura 5.5 – Resultado da ferramenta CTQ *tree* aos processos em estudo

Através da ferramenta CTQ *tree* é possível observar que os princípios-base do projeto assentam no aumento da capacidade produtiva e numa preocupação acrescida relativamente à Ergonomia nos postos de trabalho. Mais detalhadamente, o aumento da capacidade produtiva traduz-se na eliminação das tarefas que não acrescentam valor ao produto e no aumento de produtividade dos processos. O incremento de melhoria ergonómica traduz-se na redução do esforço das operadoras através da reengenharia e automatização dos processos e na melhoria da higiene e segurança nos postos de trabalho.

Através da aplicação da ferramenta CTQ *tree* demonstrada na Figura 5.5, é identificada a natureza dos desperdícios observados. Na Figura 5.6 as naturezas das oportunidades de melhoria são associadas aos processos em questão.

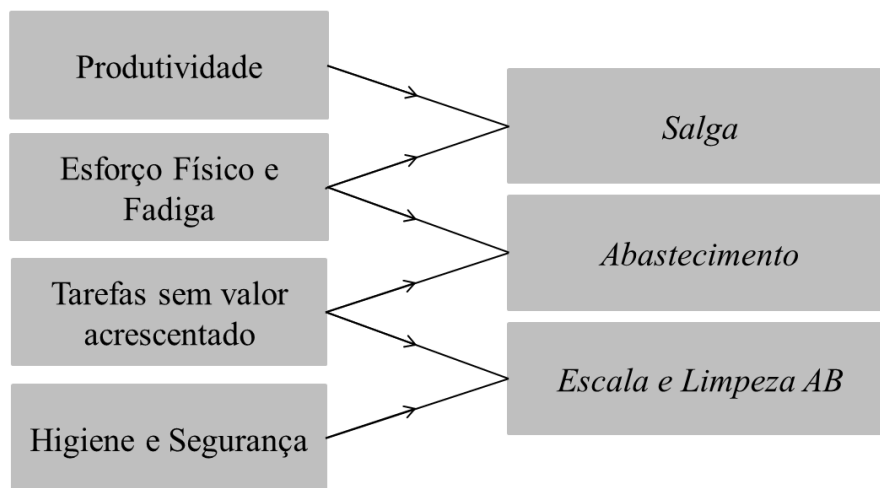


Figura 5.6 – Ligação das naturezas das oportunidades de melhoria com os processos a melhorar

De uma forma mais focada e através da análise dos problemas identificados, são apuradas as oportunidades de melhoria. Não descurando dos restantes problemas, foram identificados como prioritários aqueles que constroem mais a capacidade produtiva e a Ergonomia das operadoras.

Na salga as oportunidades de melhoria a propor deverão abranger questões como o aumento de produtividade através da automatização parcial da tarefa, e na melhoria das condições ergonómicas. No abastecimento dos tanques de descongelação as intervenções deverão passar pela melhoria do ponto de vista ergonómico, uma vez que se trata de uma atividade de grande exigência física. A *Higienização* dos postos de trabalho deverá ser alvo de ações de manutenção preventiva, com o intuito de diminuir o lixo acumulado ao longo do dia.

O projeto é assim definido formalmente através do *Project Charter*, apresentado na Tabela 5.2. Nesta ferramenta é formalizado o âmbito do projeto, bem como os objetivos traçados.

Tabela 5.2 – *Project Charter* do projeto

Título	Aumento da eficiência produtiva e da Ergonomia no processamento de bacalhau	
Oportunidade	Com a atual redução do preço do bacalhau e consequente aumento do consumo nacional e internacional, tornou-se fundamental o aumento de produção conciliado com a otimização dos recursos da organização.	
Intuito do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento produtivo dos processos em foco neste estudo;</li> <li>- Redução da fadiga das operadoras.</li> </ul>	
Problemas a incidir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda de produtividade causada pela fadiga das operadoras;</li> <li>- Necessidade de paragem prévia da produção para preparação do produto para o dia seguinte.</li> </ul>	
Metas a alcançar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de produtividade em 10% nos processos <i>Abastecimento e Salga</i>;</li> <li>- Aumento da capacidade produtiva em 15% nos processos <i>Abastecimento e Salga</i>;</li> <li>- Redução da fadiga das operadoras.</li> </ul>	
Restrições do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo insuficiente para concretização da fase <i>Control</i> do ciclo DMAIC_erg;</li> <li>- Orçamento limitado para o projeto;</li> <li>- Coordenação da implementação das melhorias com produção diária, para não causar constrangimento.</li> </ul>	
Data de conclusão	28 de Fevereiro de 2014	
Membros do projeto	<p>Gestão de topo: Ricardo Alves, Vicente Nunes</p> <p><i>Champion</i>: Vera Xavier</p> <p><i>Sponsor</i>: Vera Xavier, Néilson Silva</p> <p><i>Master Black Belt</i>: José Pires, Luís Guerra, Rui Cernadas</p> <p><i>Green Belt</i>: João Domingues, Diogo Freitas</p>	
Prazos	<p><i>Define</i> – 03/10/2013</p> <p><i>Measure</i> – 26/10/2013</p> <p><i>Analyze</i> – 15/11/2013</p>	<p><i>Improve</i> – 3/12/2013</p> <p><i>Control</i> – 17/12/2013</p>

Em suma, nesta fase o projeto foi definido e formalizado, com a constituição das oportunidades de melhoria, e das metas a atingir. Estas deverão abranger os processos *Abastecimento*, *Escala*, *Limpeza AB* e *Salga*, com um impacto ao nível da produtividade, capacidade produtiva e condições ergonómicas.



### 5.2.2. Measure

Na fase *Measure* do ciclo DMAIC\_erg é feita a quantificação e medição dos processos produtivos a estudar, assim como a seleção dos KPIs deste estudo. As ferramentas a utilizar para esta fase serão do ponto de vista produtivo e ergonómico, para que as oportunidades de melhoria sejam medidas em função de ambas.

Com o intuito de quantificar a vertente ergonómica dos processos em questão, as operadoras foram inquiridas sobre a carga física e a fadiga causada pelas tarefas das quais são responsáveis. Este questionário irá facilitar na quantificação do impacto das melhorias a propor, e paralelamente gera um otimismo nas operadoras devido à preocupação transmitida relativamente ao bem-estar. O questionário foi realizado a uma população de 15 operadoras com idades compreendidas entre os 27 e 43 anos, sendo que foram questionadas sobre iluminação, ruído, temperatura, roupa de trabalho, higienização do posto de trabalho e esforço físico. A escala de *Likert* foi utilizada para recolher a opinião das operadoras, e os níveis foram adaptados a cada questão.

Relativamente ao ambiente de trabalho, os resultados obtidos são apresentados na Figura 5.7. Os questionários relativos às condições de trabalho são apresentados na Figura 5.8.

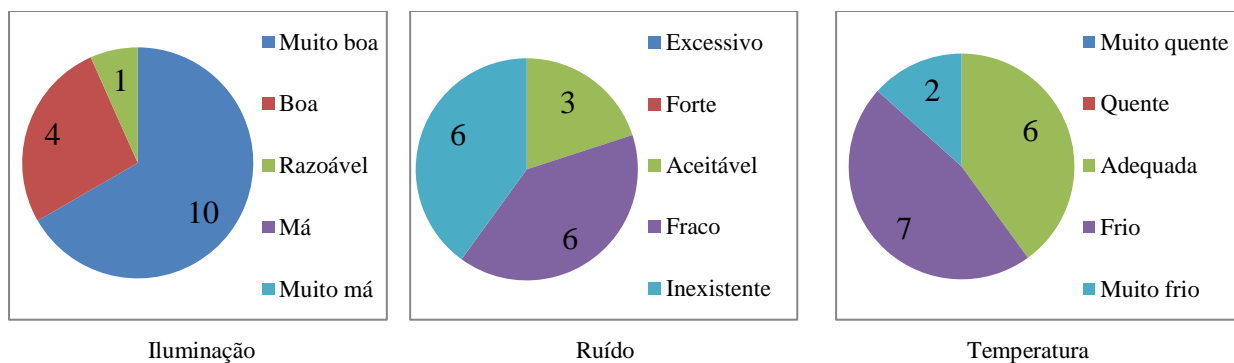


Figura 5.7 – Ambiente de trabalho percecionado pelas operadoras (n=15)

Relativamente à Iluminação, as operadoras escolheram maioritariamente os dois melhores níveis, sendo que 67% dos votos defendem uma iluminação Muito Boa.

O Ruído existente no ambiente de trabalho não é considerado incomodativo para as operadoras, uma vez que 40% dos votos apoia um ruído Inexistente, e outros 40% consideram o ruído Fraco.

Relativamente à Temperatura, 47% das operadoras considera que esta é fria e 40% defende que a Temperatura é Adequada. A fábrica é mantida a temperaturas baixas de modo a preservar a qualidade do bacalhau.

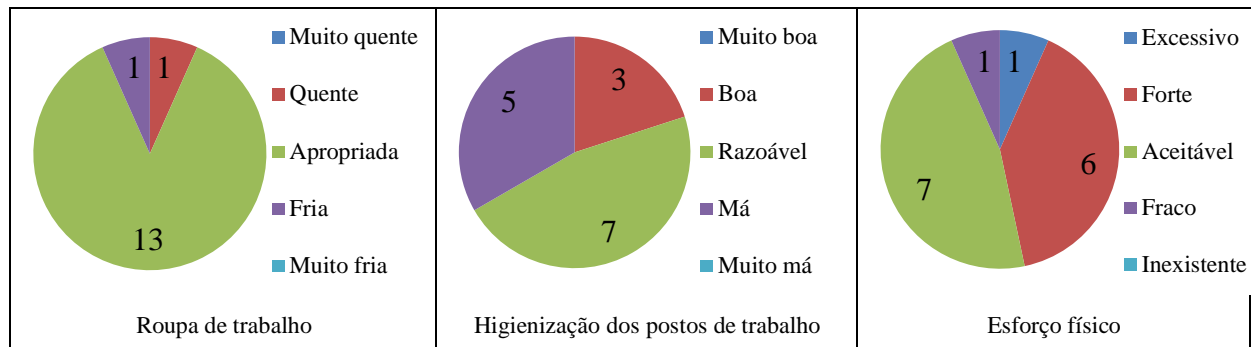


Figura 5.8 – Condições de trabalho percebidas pelas operadoras (n=15)

A Roupa de trabalho é bem aceita pela maioria das operadoras, sendo que 87% considera a roupa Apropriada ao trabalho efetuado.

Os resultados relativos à *Higienização* dos postos de trabalho da *Escala e Limpeza AB* apresentam um valor de 30% como uma Má Higienização. Embora 47% considere que a Higienização é Razoável, a maioria das operadoras encara esta tarefa como um fator a melhorar.

O Esforço físico é um fator considerado elevado, sendo que 40% das operadoras o percebe como Forte, podendo comprometer o seu desempenho.

A carga física percebida pelas operadoras nos diferentes processos encontra-se na Figura 5.9 (pergunta 2 do questionário). Os resultados do questionário são apresentados na escala de *Likert* e os níveis foram adaptados a cada questão. O valor 1 representa uma carga física reduzida, evoluindo até ao valor 5 que representa uma carga física excessiva que compromete a produtividade.

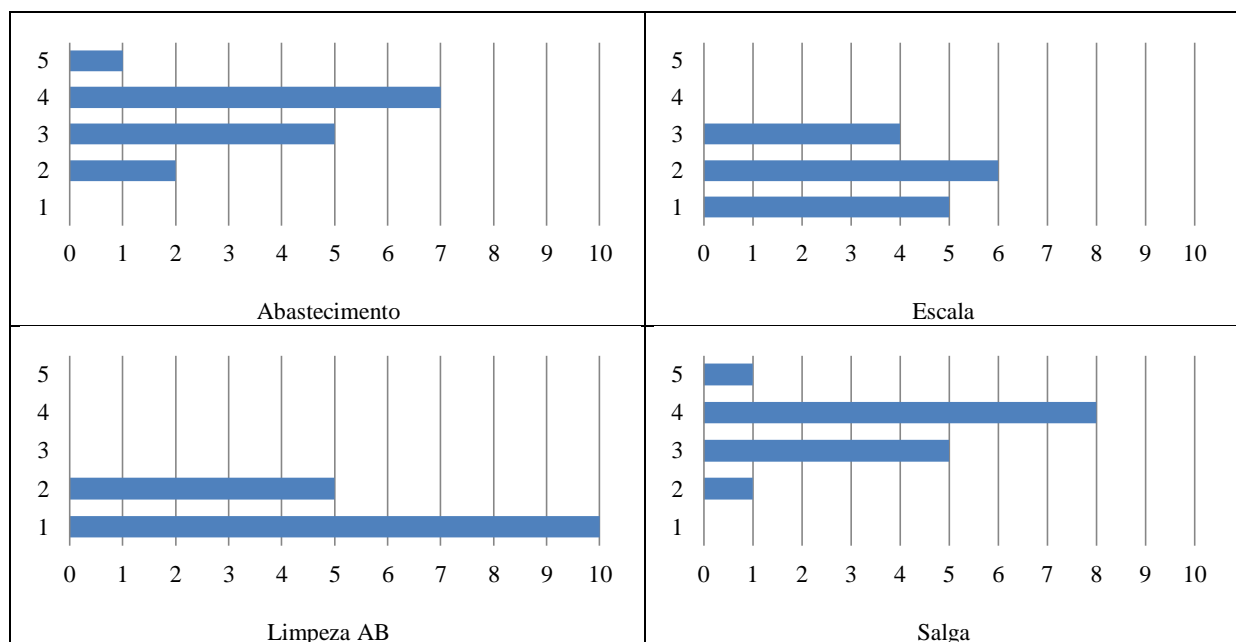


Figura 5.9 – Carga física percebida pelas operadoras (n=15)

A carga física percebida pelas operadoras requerida nos processos de *Limpeza AB* e *Escala* não contribuem significativamente para a sua fadiga. No entanto a carga física requerida nos processos de *Salga* e de *Abastecimento* apresenta níveis mais elevados de exigência física, o que justifica um estudo mais detalhado destes processos, de modo a apurar possíveis causas para estas queixas das operadoras.

Dos processos que as operadoras consideram como mais exigentes fisicamente, estas foram inquiridas sobre as causas que consideram mais exigentes e desgastantes fisicamente (resposta referente à pergunta 3 do questionário). Esta questão facilita a perceção das causas que podem levar à fadiga. Os resultados são apresentados na Figura 5.10.

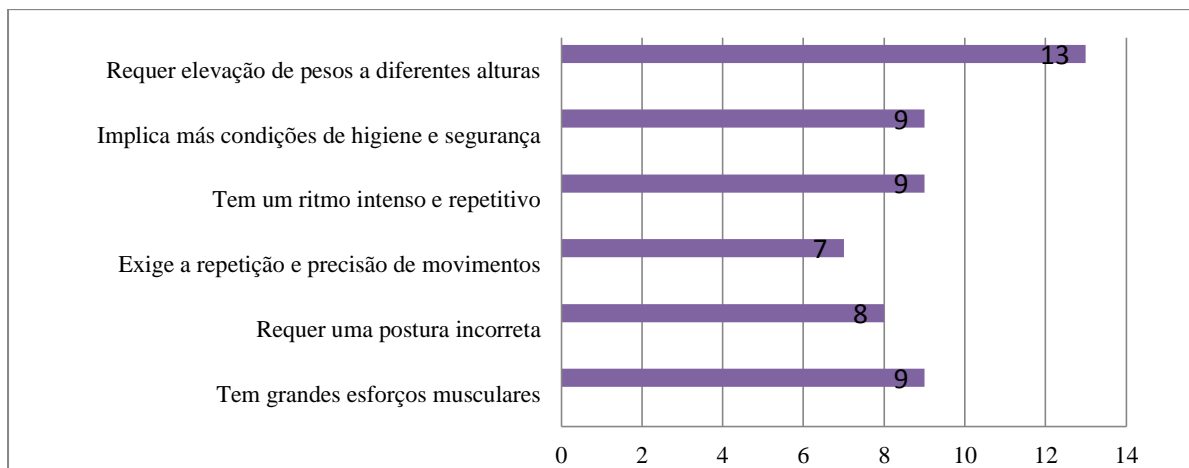


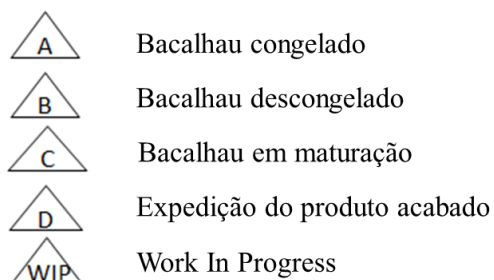
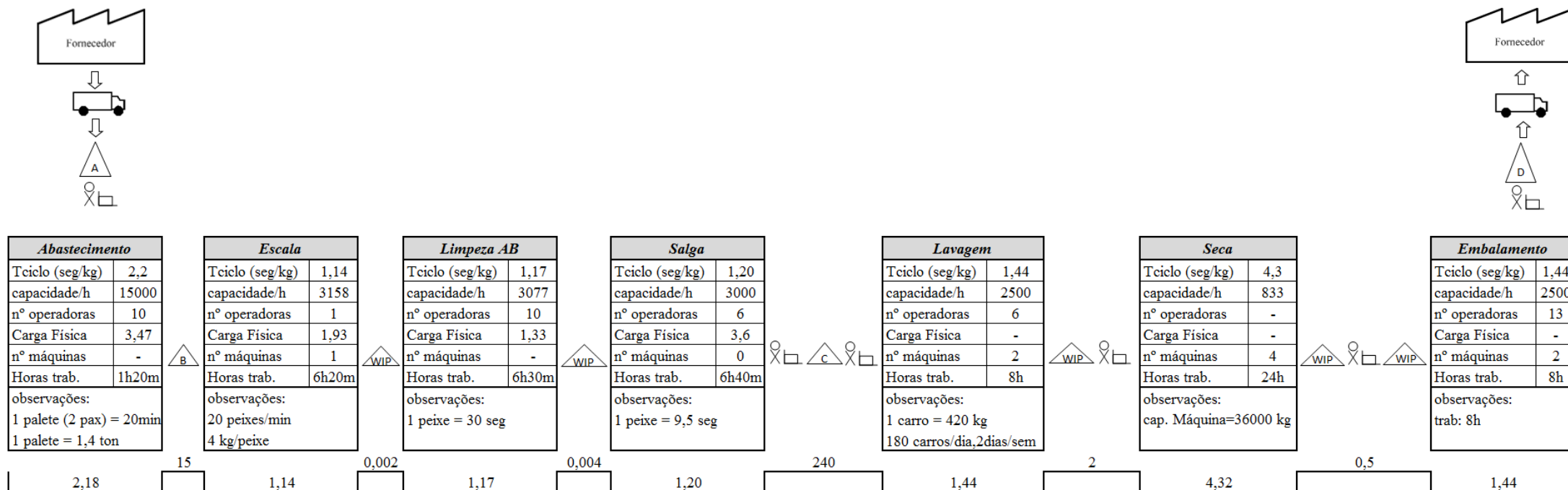
Figura 5.10 – Causas da fadiga enunciadas pelas operadoras (n=15)

Com a vertente Ergonómica quantificada através dos questionários realizados às operadoras, este fator será parte integrante da análise ao fluxo produtivo da Riberalves conjuntamente com tempos de produção e capacidade produtiva. É assim apresentada na Figura 5.11 a ferramenta VSM aplicada ao fluxo produtivo da empresa. No VSM é apresentado todo o processo produtivo, embora o estudo seja focado no *Abastecimento*, *Escala*, *Limpeza AB* e *Salga*. Na Tabela 5.3 são apresentados os dados necessários para traçar o VSM.

Tabela 5.3 – Dados necessários para traçar o VSM

<b>Tempo de trabalho</b>	250	dias / ano
<b>Procura anual do cliente</b>	5000	Tonelada de bacalhau
<b>Procura / dia</b>	20	Tonelada de bacalhau
<b>Procura / hora</b>	3	Tonelada de bacalhau
<b>Takt time</b>	1440	Segundos / Tonelada de bacalhau

<b>5</b>	dias/semana
<b>1</b>	turno/dia
<b>8</b>	horas/turno



Movimentações de <i>Stock</i>	257,5	Horas
Tempo de ciclo	12,9	Segundos

Por análise aos valores registados no VSM, a capacidade produtiva por hora dos diferentes processos tem alguma variação, por exemplo a *Escala* (3158Kg/hora) e a *Limpeza AB* (3077). De forma a atenuar este desequilíbrio, os processos com menor capacidade produtiva por hora têm um período de funcionamento mais alargado para fazer face ao *stock* acumulado. No entanto este desnivelamento dos níveis produtivos gera acumulação de *WIP* ao longo do dia, que é suprimido apenas no final do dia.

O *Abastecimento* de tanques revelou-se um processo que restringe a capacidade produtiva, uma vez que as operadoras do posto de *Limpeza AB* interrompem a sua produção para proceder ao *Abastecimento* dos tanques de descongelação. Trata-se de uma perda diária de aproximadamente 1 hora e 20 minutos de produção, o que se traduz num constrangimento da produção em cerca de 4100 Kg de bacalhau não processado. No contexto ergonómico, as operadoras percecionam este processo como sendo de nível 4 de carga física, denotando-se uma possível causa de fadiga.

Paralelamente ao *Abastecimento* dos tanques, existe a necessidade de efetuar, ao fim do dia, a *Higienização* dos postos de trabalho. Embora a *Higienização* seja uma tarefa importante, esta não acrescenta qualquer valor ao produto. É desempenhada por 3 operadoras, requerendo cerca de 60 minutos para a sua concretização e reflete-se num constrangimento produtivo de cerca de 1000 Kg.

Os constrangimentos referentes ao *Abastecimento* e à *Higienização* traduzem-se em cerca de 5100 Kg de bacalhau não processado por dia. Sem estes a produção teria um aumento de 20%.

Analisando cada processo, verifica-se que a capacidade produtiva na *Salga* é inferior aos processos a montante, causando assim um estrangulamento na produção. Este processo deve ser revisto relativamente à afetação de pessoas exclusivamente para a colocação do sal, pois tem uma elevada exigência física para as operadoras alocadas a esta tarefa.

Em suma, as oportunidades de melhoria são de natureza ergonómica e produtiva. Foram identificados como prioritários a *Salga*, o *Abastecimento* dos tanques de descongelação e a *Higienização* dos postos de trabalho. Na Tabela 5.4 é apresentado um quadro-resumo dos KPIs selecionados para medir a produtividade, capacidade produtiva e a Ergonomia, com o intuito de os utilizar posteriormente como comparação.

Tabela 5.4 – Representação dos KPIs

Processo	KPI	Valor observado
<i>Abastecimento</i>	Carga física*	3,5
	Produtividade (Kg/h/op)	1500
<i>Higienização</i>	Tempo despendido (min)	60
<i>Salga</i>	Carga física*	3,6
	Produtividade (Kg/h/op)	500

\* A carga física percecionada pelas operadoras é classificada através da escala de *Likert* (1 a 5).

### 5.2.3. *Analyze*

Na fase *Analyze* é feito um levantamento das causas dos problemas anteriormente detalhados. Tendo em conta que a natureza dos problemas é distinta, estes serão abordados separadamente devido às diferentes características de cada um. Esta abordagem pressupõe a aplicação de ferramentas e metodologias, com o objetivo de eliminar os problemas/constrangimentos.

#### ***Abastecimento***

Este processo é feito nas últimas horas do dia de trabalho por operadoras que desempenham funções a jusante na linha de produção, o que faz com que tenham de parar a sua produção efetiva para fazer este *Abastecimento*, comprometendo assim o objetivo diário de produção.

As operadoras abrem manualmente os sacos de bacalhau e colocam-nos dentro dos tanques de descongelação. Nas primeiras camadas de sacos de peixe da paleta as operadoras não têm um esforço significativo uma vez que os sacos se encontram a uma altura que permite empurrá-los diretamente por cima da parede do tanque (90 cm). No entanto, à medida que as operadoras vão avançando na mesma paleta, os sacos do final requerem o seu levantamento para colocar o peixe no tanque. Este procedimento é exigente fisicamente e requer um esforço adicional às operadoras, que ao longo do tempo vão perdendo rendimento. O piso molhado e o lixo criado devido às cintas da paleta criam um risco adicional de escorregamento e queda. A Figura 5.12 demonstra as condições exigidas nesta atividade.



Figura 5.12 – Abastecimento dos tanques de descongelação

Por análise à figura é possível observar que existem posturas incorretas, flexão excessiva do tronco, extensão do pescoço e torção do tronco. O tipo de movimento executado pelas operadoras é bastante repetitivo e requer um esforço da região lombar. Foram registadas medições a diferentes alturas, de modo a analisar o impacto que a diferença de altura tem sobre as operadoras. Embora os sacos de bacalhau tenham uma altura superior a 65 cm, esta foi considerada a altura máxima por força de limitações da equação de *Niosh*. O registo dos valores medidos é apresentado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Registo das medidas observadas no processo de *Abastecimento*

	Notação	Medição		
		1	2	3
Distância horizontal entre a base da coluna e a carga a levantar	H	25 cm	25 cm	25 cm
Distância vertical entre as mãos e o solo no início do levantamento	V	15 cm	50 cm	65 cm
Distancia vertical percorrida entre o ponto de partida e de chegada	D	75 cm	40 cm	25 cm
Ângulo de assimetria entre o ponto de partida e de chegada, relativamente ao plano sagital	A	25°	25°	25°

Recorre-se à equação de *Niosh* demonstrada na Tabela 5.6 para determinar a carga física exercida. Para o cálculo do LI foi utilizado o peso de 25kg, o peso correspondente a um saco de bacalhau congelado.

Tabela 5.6 – Equação de *Niosh* aplicada ao *Abastecimento*

CLR = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM		Medição		
		1	2	3
LC	Carga Constante	23	23	23
HM	Multiplicador Horizontal	1,000	1,000	1,000
VM	Multiplicador Vertical	0,820	0,925	0,970
DM	Multiplicador de Distância	0,880	0,933	1,000
AM	Multiplicador de Assimetria	0,920	0,920	0,920
FM	Multiplicador de Frequência	0,940	0,940	0,940
CM	Multiplicador de Interface	0,950	0,950	0,950
<b>CLR</b>	<b>Carga Limite Recomendada</b>	<b>13,6</b>	<b>16,3</b>	<b>18,3</b>
<b>LI</b>	<b>Índice de Levantamento</b>	<b>1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>

O LI mais prejudicial é no final da paleta (medição 1), onde as operadoras levantam os sacos a 15 cm do chão, com um valor de 1,8. Sendo superior a 1, conclui-se que esta tarefa é fisiologicamente prejudicial. Excetuando o Multiplicador Horizontal, os restantes fatores contribuem para o aumento do LI. Assim sendo é necessária uma reestruturação do processo, com o intuito de manter a altura dos sacos mais próxima da altura do tanque (90 cm).

O VM tem o valor de 0,82. Para melhorar este valor é necessário subir a altura do saco para 90 cm relativamente ao chão, de modo a que a operadora não necessite de se baixar para pegar no saco.

O DM é 0,933. Para aumentar este valor é necessário reduzir a distância entre o ponto de partida (a operadora pega no saco) e o ponto de chegada (a operadora coloca o saco no tanque). A diferença observada entre as medições 1 e 3 é significativa, na medida em que a diferença de alturas dos dois cenários faz o CLR diminuir quase 5 kg.

O AM é 0,920. É aconselhável a mudança de *layout* para diminuir a torção do tronco, ao tirar o saco da paleta e colocar no tanque de descongelação.

O FM tem o valor 0,940. Para fazer face a este problema é necessário reduzir a frequência desta operação, reduzir o seu tempo de duração ou mesmo aumentar o tempo de descanso das operadoras.

O CM deste processo tem o valor de 0,950. Para melhorar este valor, é necessário melhorar a interface mão-objeto. Embora o saco tenha um interior rígido (bacalhau congelado) de superfície suave e não escorregadia, é aconselhável a negociação de sacos com pegadas da parte do fornecedor. A utilização de luvas com boa aderência para desempenhar este processo também é aconselhável.

Antes de ser considerada alguma melhoria neste processo de *Abastecimento*, é necessário apurar quais as restrições mais relevantes do ponto de vista produtivo. Este processo traduz-se num tempo de preparação que não acrescenta valor ao produto final, pelo que a sua minimização ou eliminação constitui uma oportunidade de melhoria, que pode ser realizada através da ferramenta SMED. A ferramenta será abordada em 4 fases: a primeira fase trata-se do estágio preliminar, onde serão detalhadas as tarefas das operadoras, e na primeira fase as tarefas serão identificadas como *setups* internos ou externos. A segunda fase tem o objetivo de converter os *setups* internos em externos, e na última fase serão propostas oportunidades de melhoria para diminuição de tempos.

**Estágio preliminar** – Numa primeira instância são identificadas todas as tarefas desempenhadas neste tempo de preparação.

- 1 - Paragem de produção
- 2 - Organização e *Higienização* do posto de trabalho
- 3 - Operadoras mudam roupa de trabalho referente à *Escala, Limpeza AB e Salga*
- 4 - Deslocação até aos tanques de descongelação
- 5 - Colocação das paletes de bacalhau congelado junto dos tanques de descongelação
- 6 - Cortar e retirar embalagem secundária, que consiste na remoção de papel celofane que envolve todos os sacos da paleta
- 7 - Cortar e retirar saco de bacalhau, que se trata de um saco de papel térmico
- 8 - Colocar o bacalhau no tanque
- 9 - Colocar o saco vazio em caixotes colocados no local para o efeito
- 10 - Passar à embalagem seguinte

**1ª Fase** – Esta fase é fundamental para a distinção entre os *setups* externos e os internos. Uma vez que se trata de uma tarefa sem valor acrescentado, os *setups* internos que restringem a produção devem ser alterados para externos. De todas as tarefas enunciadas no estágio preliminar, as que se tratam de *setups* internos são: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10. Assim sendo, apenas a tarefa 5 é um *setup* externo.



**2ª Fase** – Esta fase consiste na conversão de *setups* internos em externos. Dado que a maioria se trata de *setup* interno, existe uma necessidade de inverter esta situação com o objetivo de diminuir o tempo ocioso das operadoras. Através da alocação de pessoas externas à produção, o tempo ocioso é reduzido causando um consequente ganho de produção. Para isso, foram alocadas 4 operadoras externas à produção para proceder ao abastecimento dos tanques de descongelação. Verificou-se a necessidade de alocar estas 4 operadoras num horário desfasado ao horário normal de produção, uma vez que o seu trabalho só pode ser iniciado quando os tanques estão vazios, isto é, quando a produção de bacalhau termina. Esta medida possibilitou a transição da maioria dos *setups* internos para *setups* externos, estimando-se um ganho de 1 hora de produção, o que corresponde, em média, a 3077kg de bacalhau processado. Para este ganho as tarefas que se converteram em *setups* externos são mencionadas no estágio preliminar, nos números 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

**3ª Fase** – Esta fase é bastante crítica na implementação desta metodologia, já que se foca na racionalização de todos os tempos de *setup*.

Conforme mencionado na equação de *Niosh* na Tabela 5.6, constatou-se um nível excessivo de carga física associado a esta tarefa, pelo que a sua melhoria é crucial. Após uma análise exaustiva dos procedimentos deste processo, verificaram-se algumas perdas de produtividade associadas a problemas ergonómicos. Mais especificamente, constatou-se que o levantamento do saco de bacalhau congelado gera dificuldades para as operadoras, o que se reflete em perdas de produtividade e excesso de fadiga. Como tal, concluiu-se que seria importante dimensionar um mecanismo que permitisse um auxílio na elevação dos sacos de bacalhau congelado. Para tal, efetuou-se uma simulação com auxílio de um empilhador, com o intuito de manter os sacos de bacalhau congelado numa altura de 90cm, de modo a evitar o levantamento do peso. À medida que a operadora vai avançando nos sacos da paleta, o manuseador do empilhador vai subindo a paleta de modo a manter a mesma altura de trabalho para a operadora. Com esta simulação obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 5.7 – Desempenho das operadoras com e sem auxílio de um empilhador

Condições de trabalho	Empilhador	Tempo registado	Ganho observado
14 Sacos de 25kg 2 Pessoas	Sem auxílio	14 min	8,3%
	Com auxílio	12 min 50 seg	

De acordo com os valores observados na Tabela 5.7, o auxílio de um empilhador para simular a plataforma elevatória traduz-se num ganho de produtividade de 8,3%.

## Higienização

A *Higienização* dos postos de trabalho é feita no final do dia de trabalho, sendo que as operadoras param a produção mais cedo de forma a limpar o posto de trabalho atempadamente. Pretende-se que esta sujidade seja minimizada, de forma a diminuir o tempo de preparação do posto de trabalho. A sujidade acumulada deve-se maioritariamente ao processo *Limpeza AB*, onde é retirado o sangue do bacalhau, músculos internos e algumas peles. Este tipo de sujidade torna o piso escorregadio, e é de difícil extração. A Figura 5.13 ilustra a sujidade acumulada na zona do processo *Limpeza AB*.



Figura 5.13 – Sujidade acumulada na zona de *Limpeza AB*

É apresentada na Figura 5.14 a aplicação do Diagrama de *Ishikawa* à *Higienização*, com o intuito de apurar as causas deste problema.

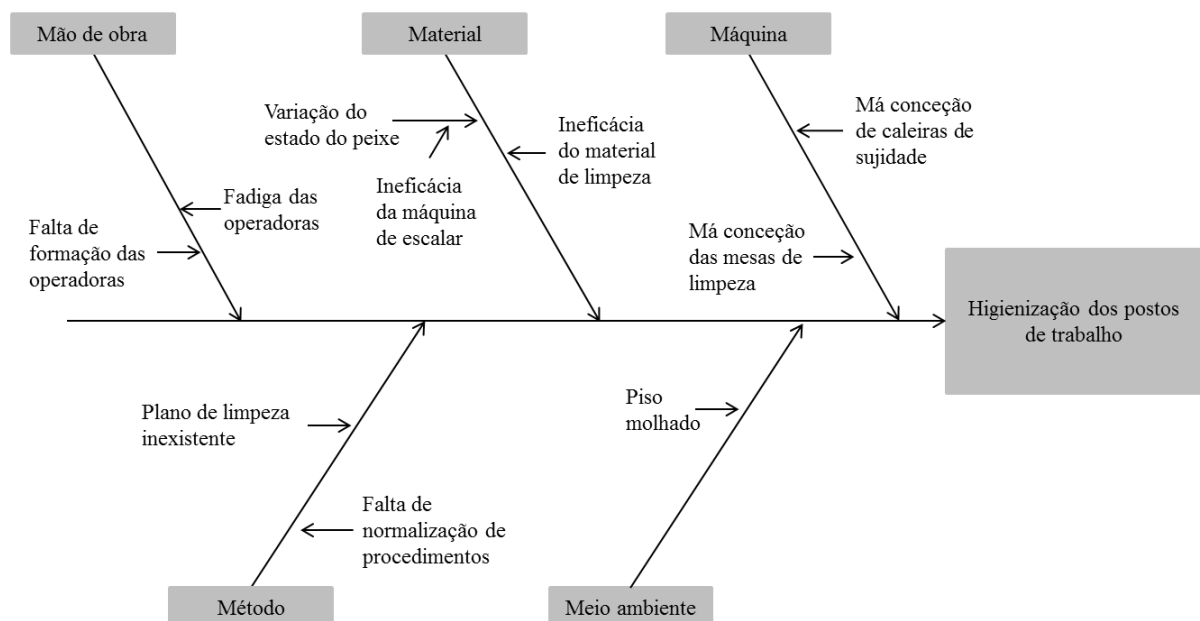


Figura 5.14 – Diagrama de *Ishikawa* aplicado ao problema de *Higienização*

Do ponto de vista da Mão-de-obra, são identificados fatores como a falta de formação das operadoras e a falta de normalização do procedimento a seguir. Relativamente ao Material, a ineficiência do material de higienização e a variação do estado do peixe são outros fatores a melhorar. A má concepção das caleiras de sujidade e a má concepção das mesas de limpeza são problemas relacionados com a Máquina. A falta de normalização de procedimentos e a falta de um plano de limpeza originam a falta de calendarização de *Higienização*, comprometendo o Método. Por fim, no que diz respeito ao Meio ambiente, o piso molhado é outro problema identificado.

As causas identificadas de maior relevância são a má concepção das caleiras de remoção de sujidade e as mesas de limpeza. Estas são as principais causas da acumulação excessiva de sujidade ao longo do dia de trabalho. As caleiras recolhem a sujidade do processo *Limpeza AB* e as espinhas extraídas do bacalhau na máquina escaladora do processo *Escala*, encaminhando-as para uma tina de lixo, colocada para o efeito. No entanto, ao contrário da restante sujidade, as espinhas provenientes da máquina escaladora serão reprocessadas, e a junção destas com a restante sujidade causa uma dificuldade acrescida no seu reprocessamento. Com estas oportunidades de melhoria corrigidas, será adequada a execução de um *standard de Higienização*. Na Figura 5.15 é representado a verde o sistema de recolha de sujidade nos processos *Escala* e *Limpeza AB*.

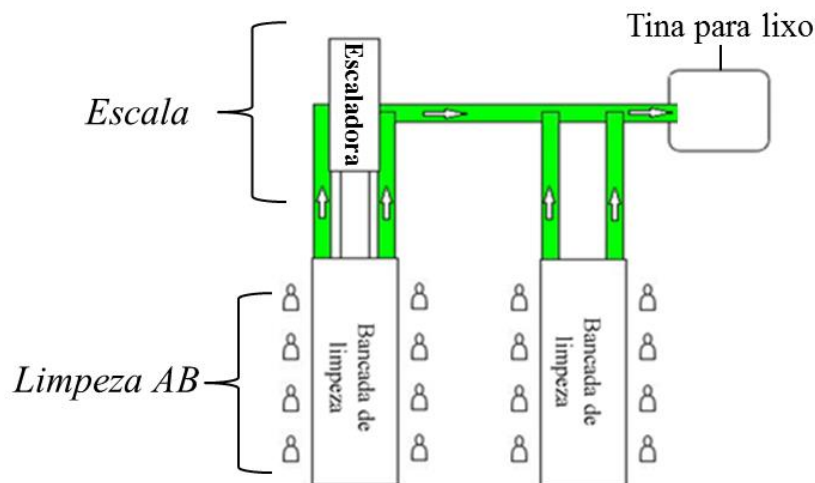


Figura 5.15 – Disposição das caleiras de recolha de sujidade nos processos *Escala* e *Limpeza AB*

## Salga

O processo é exigente fisicamente, principalmente para a operadora que coloca o sal. A Figura 5.16 ilustra o procedimento da operadora do sal.



Figura 5.16 – Colocação de sal

Para uma melhor percepção dos problemas produtivos/ergonómicos e das causas que o originam, é apresentado na Figura 5.17 o diagrama de *Ishikawa*.

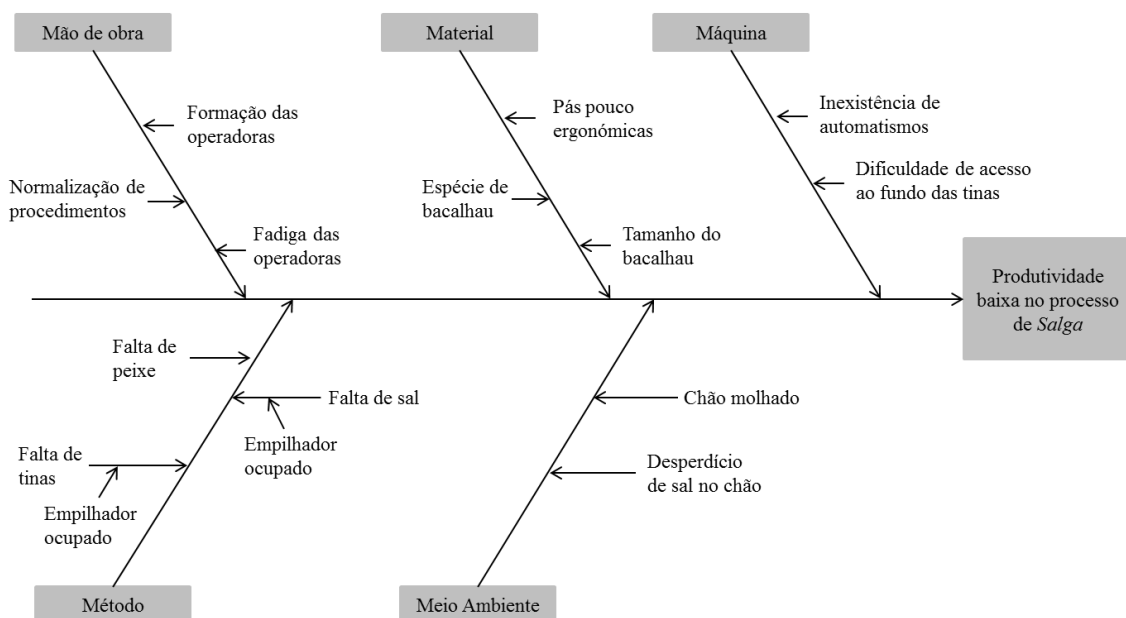


Figura 5.17 – Diagrama de *Ishikawa* do processo da *Salga*

Na Mão-de-obra são destacados problemas como a fadiga das operadoras, a ausência de normas e a falta de formação às operadoras. No Material destacam-se a falta de Ergonomia das pás para salgar e a variabilidade do bacalhau (peso). Na Máquina denota-se a ausência de automatismos e o transtorno em colocar o bacalhau no fundo das tinas, quando estas ainda estão vazias. Relativamente ao Método, o

atraso dos empilhadores pode causar tempo de paragem das operadoras por falta de reposição de tinas de sal e de bacalhau. Relativamente ao Meio ambiente, fatores como o piso molhado e sal no chão podem constranger a produtividade da *Salga*.

De modo a quantificar a carga física exercida pelas operadoras, recorre-se mais uma vez à equação de *Niosh*. O registo das medições efetuadas para esta análise é apresentado na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Registo das medidas observadas na *Salga*

	Notação	Medição		
		1	2	3
Distância horizontal entre a base da coluna e a carga a levantar	H	35 cm	35 cm	35 cm
Distância vertical entre as mãos e o solo no início do levantamento	V	20 cm	40 cm	65 cm
Distância vertical percorrida entre o ponto de partida e de chegada	D	70 cm	50 cm	25 cm
Ângulo de assimetria entre o ponto de partida e de chegada, relativamente ao plano sagital	A	45°	45°	45°

O valor da distância vertical entre as mãos e o solo no início do levantamento varia entre 20cm e 80cm, uma vez que a altura a que a operadora retira o sal não é constante. O cálculo da CLR é apresentado na Tabela 5.9. O cálculo do LI foi feito com base num peso de 5Kg, o correspondente a uma pá com sal.

Tabela 5.9 – Equação de *Niosh* aplicada à *Salga*

CLR = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM		Medição		
		1	2	3
LC	Carga Constante	23	23	23
HM	Multiplicador Horizontal	0,714	0,714	0,714
VM	Multiplicador Vertical	0,835	0,895	0,970
DM	Multiplicador de Distância	0,884	0,910	1,000
AM	Multiplicador de Assimetria	0,856	0,856	0,856
FM	Multiplicador de Frequência	0,260	0,260	0,260
CM	Multiplicador de Interface	1,000	1,000	1,000
<b>CLR</b>	<b>Carga Limite Recomendada</b>	<b>2,7</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>
<b>LI</b>	<b>Índice de Levantamento</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4</b>

Das medições registadas, o cenário mais prejudicial é quando a operadora retira o sal do fundo da tina, com um LI igual a 1,9. Analisando todos os fatores separadamente, é possível verificar que o FM tem um valor de 0,260, contribuindo assim significativamente para o decréscimo da CLR. Deverão ser aplicadas ações corretivas para incrementar este valor, através das seguintes medidas:

- Redução da frequência com que a operadora coloca sal;
- Redução da duração da atividade;
- Aumento do tempo de descanso da operadora;
- Rotatividade mais frequente das operadoras.

O HM tem o valor de 0,714. Mas melhorar este valor é aconselhável a utilização de pás mais curtas, de modo a reduzir a distância entre o sal e a base da coluna da operadora.

Relativamente ao pior cenário, o VM tem o valor de 0,835. Uma forma de o melhorar será manter o sal a uma altura mais elevada.

O DM tem o valor de 0,884. É necessário reduzir a distância vertical entre o ponto de partida (onde a operadora retira o sal) e o ponto de chegada (onde a operadora coloca o sal no peixe).

O AM tem o valor 0,856, compreendido entre 0,85 e 1. A torção da coluna da operadora poderá ser reduzida, através da redução do ângulo entre a tina de sal e a tina de peixe.

De um modo global, através da aplicação da equação de *Niosh* constatou-se que o *Abastecimento* é um processo que requer movimentos de cargas que podem comprometer a saúde das operadoras. A simulação realizada com o auxílio do empilhador permitiu verificar que, com um sistema de elevação semelhante, este movimento prejudicial poderá ser eliminado. Relativamente à *Salga*, o cálculo da equação de *Niosh* permitiu verificar que este processo é fisiologicamente prejudicial para as operadoras que colocam o sal. Como tal, este deverá ser analisado de modo a reduzir ou eliminar a exigência física desta tarefa do processo. Observou-se também que a *Higienização* dos processos *Escala* e *Limpeza AB* poderá ser atenuada através do aperfeiçoamento das caleiras de recolha de sujidade e das bancadas de limpeza, através do aumento da sua eficiência. Todas as oportunidades de melhoria foram devidamente analisadas, de modo a apurar as respetivas causas. Atendendo às causas identificadas, dever-se-á proceder então à fase *Improve* de modo a corrigir as causas e quantificar as melhorias observadas.

#### **5.2.4. *Improve***

Nesta fase da metodologia DMAIC\_erg serão apresentadas as melhorias, para fazer face aos problemas identificados anteriormente nos quais este estudo incide.

##### ***Abastecimento***

A melhoria a propor foi tomada com base nos seguintes aspetos observados:

- Excesso de fadiga das operadoras, devido à carga física exigida neste processo;
- Perda de capacidade produtiva, na medida em que este processo não acrescenta valor ao produto, e as operadoras param a sua produção efetiva mais cedo para desempenhá-lo;
- Perda de eficiência, uma vez que o processo não se encontra adaptado para um bom desempenho das operadoras.

Após várias propostas apresentadas para melhorar o processo do ponto de vista produtivo e ergonómico, foi decidida a proposta mais viável apresentada na Figura 5.18.

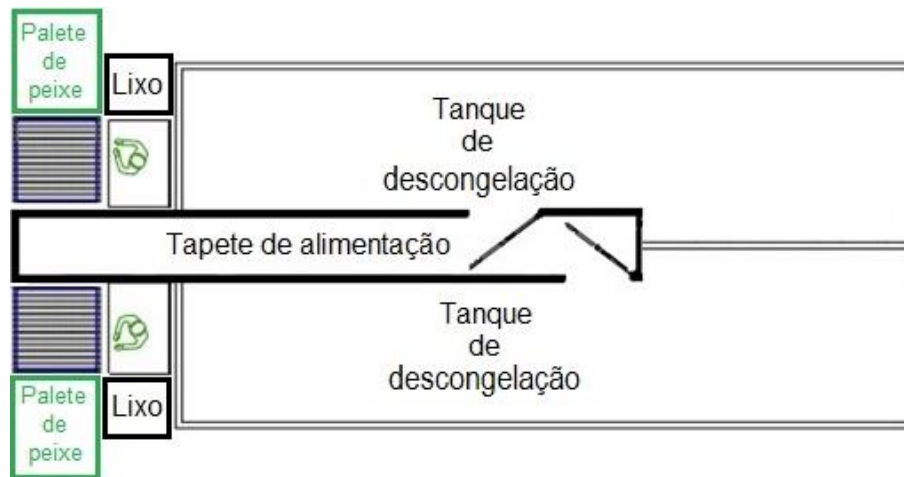


Figura 5.18 – Nova linha de *Abastecimento* dos tanques de descongelação

Na nova linha de *Abastecimento* a paleta de peixe congelado é elevada à altura do tapete de alimentação, reduzindo assim o esforço exercido na região lombar da operadora. Esta retira o saco da paleta, para que de seguida retire o bacalhau congelado do interior do saco. O saco é então colocado num recipiente para lixo ao lado da operadora, e de seguida esta coloca o bacalhau no tapete de alimentação. O bacalhau será conduzido ao longo do tapete, sendo que no final tem 2 portas automáticas para encaminhar o peixe para o interior de cada um dos tanques de descongelação.

A conceção deste sistema de *Abastecimento* está em fase de desenvolvimento, não sendo assim possível quantificar a melhoria com exatidão. No entanto, é espectável uma produtividade idêntica à observada na simulação efetuada na etapa *Analyze*, através do apoio de um empilhador. Assim sendo, com a implementação deste sistema esperam-se melhorias do ponto de vista produtivo e ergonómico:

- Aumento de produtividade idêntico ao observado através da simulação feita, ou seja de 8,3%.
- Este processo foi alterado de *setup* interno para *setup* externo, assim sendo as operadoras dos processos *Escala*, *Limpeza AB* e *Salga* não irão parar de produzir mais cedo para fazer face a este processo. Nesta alteração espera-se um aumento de capacidade produtiva diária de 16,7%.
- A equipa externa a alocar neste processo será composta por apenas 2 operadoras, com um horário de trabalho de 8 horas.
- Com este sistema, os recipientes para o lixo colocados ao lado da operadora evitam a acumulação de sujidade no chão, diminuindo assim o risco de escorregamento e queda.
- A operadora não precisa de se movimentar durante todo o processo, o que reduz o risco de escorregamento e queda.

- Do ponto de vista ergonómico, a região lombar deixa de ser tão solicitada, uma vez que o movimento requerido passa a ser apenas de rotação do plano sagital, não havendo qualquer tipo de elevação da carga.

A equação de *Niosh* não é utilizada como termo de comparação, pois o movimento de elevação do bloco de bacalhau congelado foi eliminado devido à implementação do novo sistema. No entanto as operadoras foram novamente inquiridas relativamente à carga física exigida neste processo, com o objetivo de quantificar a melhoria observada. O resultado deste questionário é apresentado na Figura 5.19, conjuntamente com os resultados obtidos no cenário anterior.

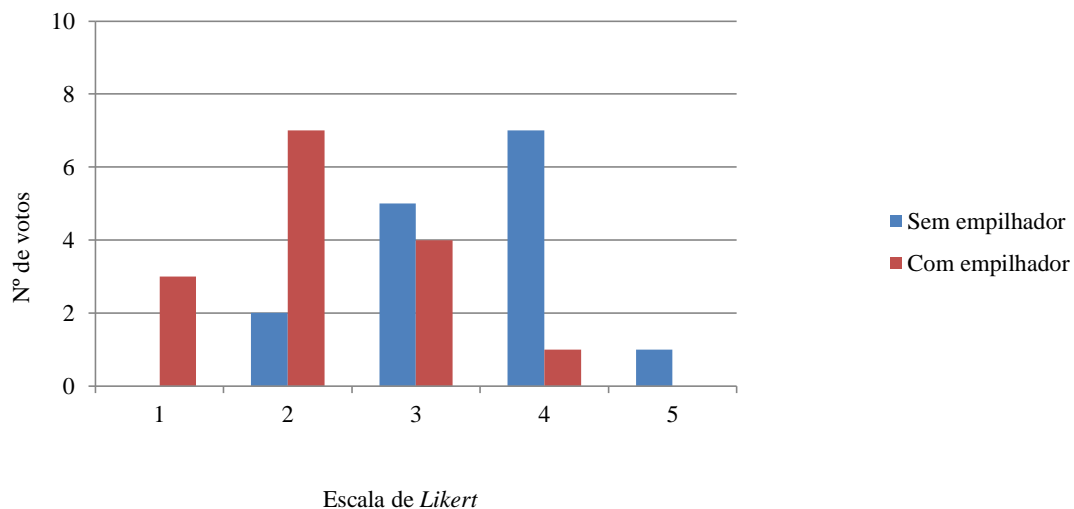


Figura 5.19 – Carga física percecionada pelas operadoras no abastecimento dos tanques

### **Higienização**

Com o intuito de melhorar a organização e limpeza do posto de trabalho, é aplicada a metodologia 5S ao problema de sujidade no processo de *Limpeza AB*. Serão aplicadas sequencialmente as 5 fases desta metodologia, de forma a analisar o problema associado à sujidade acumulada.

*Seiri* – Esta fase consiste na eliminação de tudo o que é desnecessário no posto de trabalho. Foi identificado um utensílio que causa constrangimento na usabilidade do posto de trabalho da *Limpeza AB*. Este utensílio trata-se de um afiador de facas existente em cada posto de trabalho, que as operadoras utilizam para extrair as peles do bacalhau. Este utensílio causa constrangimento à queda do peixe, o que reduz a produtividade das operadoras. O afiador é utilizado apenas uma ou duas vezes por semana, como tal será retirado do posto de trabalho e colocado numa zona comum para evitar este constrangimento. A Figura 5.20 apresenta a disposição do afiador no posto de trabalho da *Limpeza AB*.



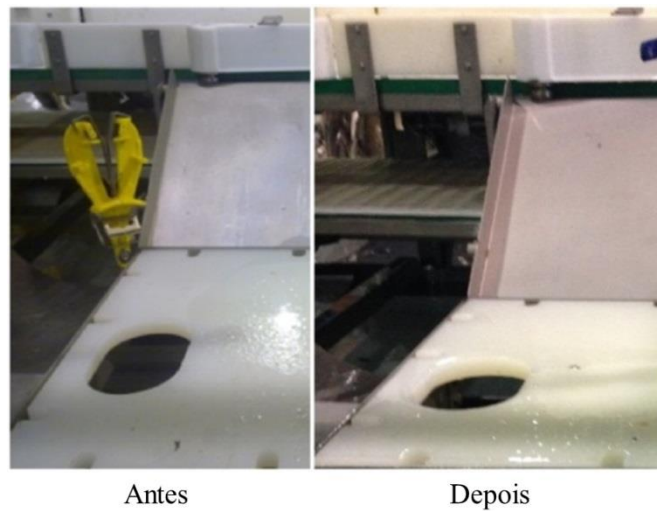


Figura 5.20 – Eliminação do afiador no posto de trabalho

*Seiton* – Nesta fase é abordada a organização do posto de trabalho. Este deve estar o mais organizado possível, de forma a não causar quaisquer constrangimentos.

Foi identificada a necessidade de melhoria das bancadas do posto de trabalho *Limpeza AB*. Na Figura 5.21 está representada a bancada onde este processo é desempenhado, e a respetiva melhoria a implementar. Neste processo os utensílios usados pelas operadoras são uma faca para cortar as peles internas do peixe, e uma escova para remover o sangue. As operadoras não dispõem de qualquer local para colocar estes dois utensílios, e por vezes perdem tempo à sua procura. De modo a normalizar a organização do posto de trabalho e diminuir a sujidade acumulada, foi desenhada uma bancada através da ferramenta *CAD Solidworks*. Nesta bancada constam locais específicos para a colocação da faca e da escova, com o objetivo de manter o posto de trabalho organizado. Foi criado um rasgo para resíduos que permite um melhor escoamento da sujidade.

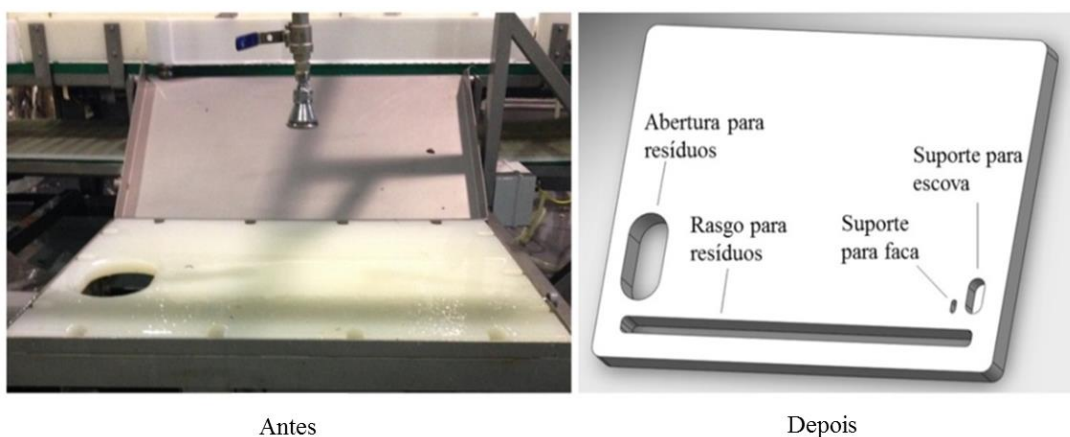


Figura 5.21 – Organização do posto de trabalho

Foram identificadas algumas oportunidades de melhoria nas caleiras que recolhem a sujidade do posto da *Limpeza AB*, como demonstrado a verde na Figura 5.22. As caleiras existentes abrangem todos os postos de trabalho da *Limpeza AB*, e de seguida uma delas passa por baixo da escadadora com o objetivo de recolher a espinha dorsal do bacalhau retirada pela máquina. Toda a sujidade recolhida é encaminhada para uma tina colocada propositadamente para o lixo.

A implementação da melhoria consiste na separação da caleira de recolha do lixo com a caleira das espinhas do bacalhau. Esta medida facilita no reprocessamento das espinhas, na medida em que estas não estão misturadas com sujidade que não será reprocessada. Esta melhoria facilita também na acessibilidade à máquina escaladora.

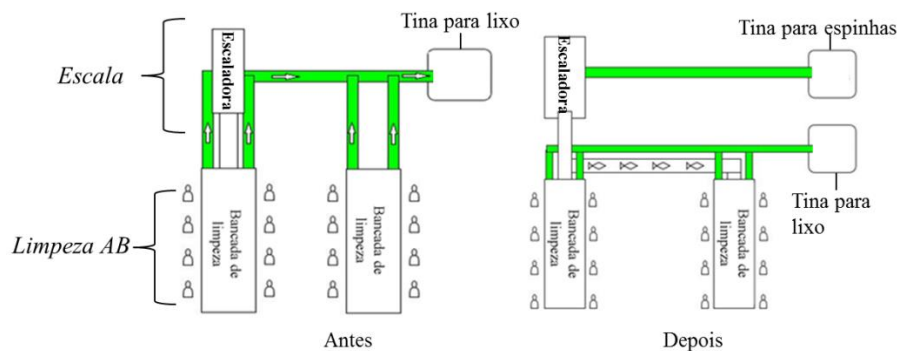


Figura 5.22 – Layout das caleiras de recolha de sujidade

*Seiso* – Esta fase da metodologia visa a preocupação pelo ambiente de trabalho, com o intuito de melhorar o nível de limpeza. Para além de uma higienização geral no final do horário de trabalho, é feita uma limpeza rápida cerca de 6 a 8 vezes por dia, o que faz com que uma operadora perca cerca de 1 hora de produção diária no total. Estas limpezas rápidas ao longo do dia são importantes para reduzir a acumulação de sujidade no chão, diminuindo assim o risco de escorregamento e queda. Uma medida preventiva a esta sujidade acumulada é a alteração da caleira, representada na Figura 5.23. Com esta alteração a caleira tem uma maior abrangência, permitindo a recolha de mais sujidade, impedindo assim que a maioria caia no chão. Com esta medida preventiva pretende-se reduzir a sujidade acumulada ao longo do dia, reduzindo também o número de vezes que a operadora interrompe a sua produção efetiva para proceder à *Higienização*.

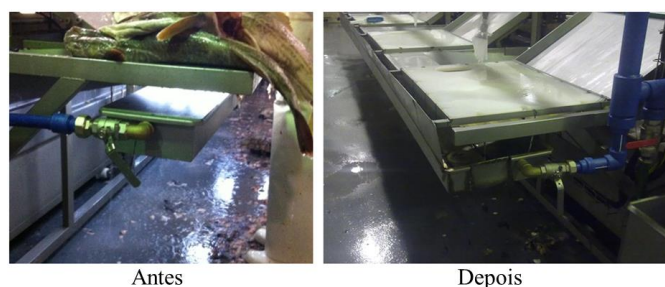


Figura 5.23 – Caleira de recolha da sujidade

*Seiketsu* – Esta fase da metodologia preocupa-se com a normalização dos procedimentos, através da implementação de uma norma de execução da tarefa. Com a normalização dos procedimentos espera-se uma maior homogeneidade do rendimento das operadoras, permitindo assim um melhor planeamento e controlo desta tarefa. Através desta normalização devem ser contempladas as alterações implementadas nos 3S anteriores. Para tal, na fase *Control* deste capítulo será apresentada na Figura 5.27 uma norma para a *Higienização* dos postos de trabalho.

*Shitsuke* – Esta fase visa a continuidade das medidas aplicadas nas fases anteriores, bem como a formação às operadoras para que estas cumpram as normas definidas. Por vezes esta fase é de difícil cumprimento devido à disciplina das operadoras. As líderes de equipa foram sensibilizadas para acompanhar esta tarefa, para que as normas estabelecidas sejam cumpridas.

### ***Salga***

Tendo presente os principais motivos de melhoria – produtividade e Ergonomia – o objetivo passou por eliminar/reduzir o esforço da tarefa desempenhada pela operadora que coloca o sal no bacalhau. Assim sendo, por via da análise de várias hipóteses propostas pelos membros da equipa, foram avaliados todos os cenários possíveis para melhorar esta tarefa.

A solução encontrada passa pela colocação de salgadores automáticos posicionados por cima das tinas de bacalhau. A operadora apenas tem de ativar a ação do salgador através de um botão, e este irá parar automaticamente em função da dose de sal programada. Com isto a tarefa de colocação manual de sal é eliminada, suprimindo assim grande parte da exigência física neste processo. A Figura 5.24 demonstra o sistema de salga automático.



Figura 5.24 – Salgadores automáticos

Com esta implementação obtêm-se também ganhos ao nível da produtividade. Para a quantificação desses ganhos, o número de pessoas alocadas a este processo reduziu para metade e o tempo de ciclo aumentou ligeiramente. Estas duas variações refletem-se num aumento de produtividade de 48%.

Do ponto de vista ergonómico, a tarefa de colocação de sal foi eliminada deste processo, ficando apenas a função de colocação do bacalhau no interior das tinas. Como tal, através da implementação deste automatismo foi possível alocar as operadoras noutros processos e eliminar uma tarefa que foi classificada como fisiologicamente prejudicial através da equação de *Niosh*.

Em suma, recorrendo ao diagrama de *Ishikawa* do processo da *Salga* apresentado na etapa *Analyze* (Figura 5.17), as causas identificadas alvo de melhorias foram:

- A fadiga das operadoras, através da eliminação da tarefa de colocação manual de sal.
- A taxa de ocupação do empilhador diminuiu, uma vez que a tina de sal deixa de ser necessária para a salga do bacalhau.
- As pás pouco ergonómicas deixam de ser utilizadas devido ao automatismo instalado.
- O desperdício de sal no chão é reduzido, devido à eficácia do automatismo.

De forma a avaliar a melhoria observada do ponto de vista ergonómico através deste automatismo, as operadoras foram inquiridas sobre a carga física exigida com a melhoria implementada. Os resultados são apresentados na Figura 5.25, juntamente com os resultados obtidos no cenário anterior.

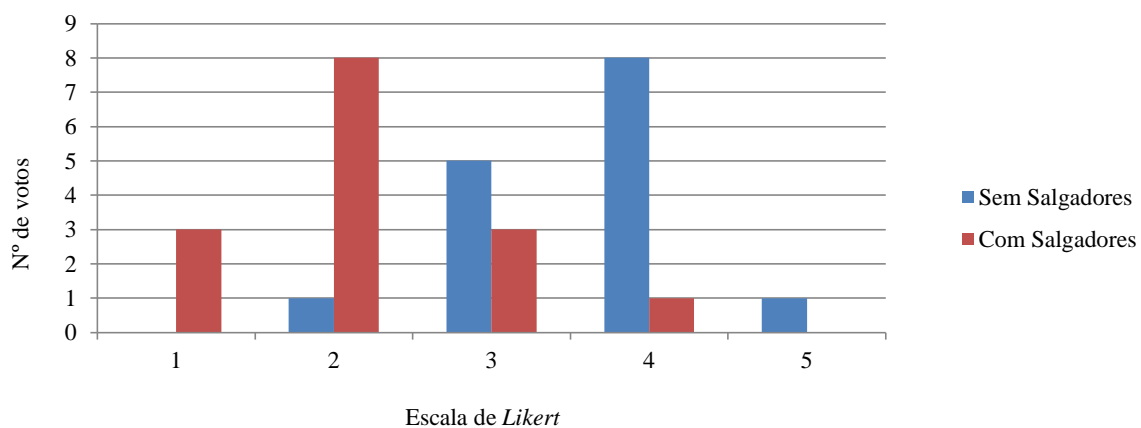


Figura 5.25 – Comparação da carga física percebida pelas operadoras na *Salga*

O impacto das melhorias implementadas é agora analisado em pormenor através do novo VSM representado na Figura 5.26, de modo a verificar se as metas estabelecidas foram alcançadas. Os KPIs estabelecidos anteriormente são apresentados conjuntamente com os atuais na Tabela 5.10, com o intuito de quantificar o ganho obtido.

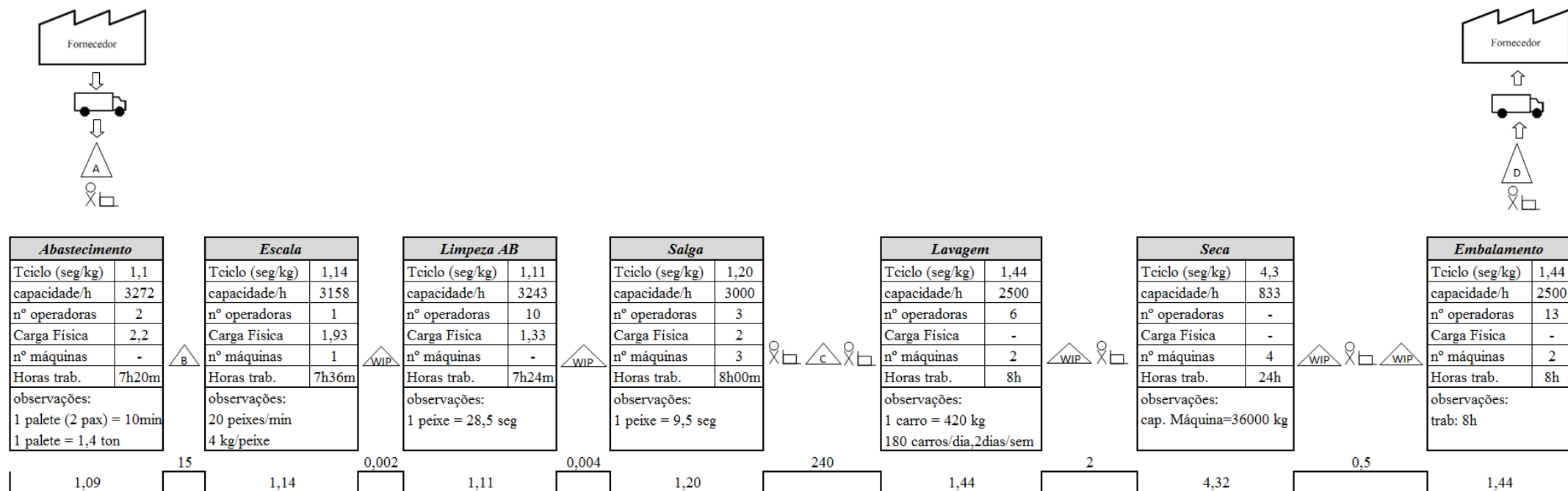







Figura 5.26 – VSM com as melhorias implementadas

-  Bacalhau congelado
-  Bacalhau descongelado
-  Bacalhau em maturação
-  Expedição do produto acabado
-  Work In Progress

Movimentações de <i>Stock</i>	257,5	Horas
Tempo de ciclo	11,7	Segundos

Tabela 5.10 – Comparação dos KPIs

Processo	KPI	Antes	Depois	Ganho observado
<i>Abastecimento</i>	Carga física*	3,5	2,2	37,1%
	Produtividade (Kg/h/op)	1500	1636	8,3%
<i>Higienização</i>	Tempo despendido (min)	60	38	37%
<i>Salga</i>	Carga física*	3,6	2,0	44,4%
	Produtividade (Kg/h/op)	500	960	48%

\* A carga física percebida pelas operadoras é classificada através da escala de *Likert* (1 a 5).

O *Abastecimento* dos tanques de descongelamento foi alvo de uma simulação de melhoria, sendo que se verificou uma melhoria de 37,1% na carga física percebida pelas operadoras, e um aumento de produtividade de 8,3%. Os valores mencionados provêm da simulação do funcionamento do novo sistema de alimentação dos tanques, e à alocação de mão-de-obra externa à produção para executar este processo, permitindo assim um aumento de produção de 20 para 24 toneladas. Anteriormente esta tarefa era desempenhada por 10 pessoas e tinha a duração de 1 hora e 20 minutos. Com este novo automatismo, estarão apenas 2 operadoras alocadas a esta tarefa e demorarão 7 horas e 20 minutos a concluí-la.

O aumento de produção de 20 para 24 toneladas veio contribuir para um melhor aproveitamento do tempo das operadoras. Na *Escala* verificou-se um aumento de 1 hora e 16 minutos de produção efetiva, na *Limpeza AB* um aumento de 54 minutos, e na *Salga* um aumento de 1 hora e 20 minutos.

Relativamente à *Salga*, houve uma melhoria de 44,4% na carga física percebida pelas operadoras e um aumento de 48% na produtividade do processo. Estes valores refletem o benefício que o salgador automático proporciona, do ponto de vista ergonómico e produtivo.

O tempo de *Higienização* do posto de trabalho foi reduzido em 37%, através da medida preventiva de alteração do sistema de recolha de sujidade e da sua normalização. Sendo que esta tarefa não acrescenta valor ao produto final, a redução deste tempo de *setup* reflete-se diretamente num aumento da capacidade produtiva, uma vez que as operadoras perdem menos tempo na *Higienização* e podem produzir durante mais tempo.

Todas as líderes de equipa foram notificadas para comparecer em reuniões diárias com os engenheiros de produção, de modo a apresentar resumos diários. Nestas reuniões as líderes apresentam os valores da produção diária, a produtividade das operadoras, qual era o objetivo e se foi alcançado, bem como possíveis problemas que tenham sucedido durante o dia, de modo a que os engenheiros de produção tomem medidas corretivas ou preventivas em função do sucedido.

### **5.2.5. Control**

Nesta fase é requerido um comprometimento por parte de todos os intervenientes do projeto. É necessário um acompanhamento mais exaustivo das melhorias implementadas, de modo a garantir a sua continuidade. Para o controlo destas melhorias, é requerido o controlo dos KPIs associados aos processos de modo a assegurar que estas continuam a ser praticadas.

Algumas das melhorias aplicadas requerem novos métodos de trabalho, o que justifica a necessidade de dar formação e treino contínuo às operadoras.

### ***Abastecimento***

Este processo está dependente da instalação da plataforma de abastecimento proposta. Não estando ainda implementada, todo o controlo feito a esta tarefa será feito posteriormente a este estudo. No entanto, será criada uma norma de procedimento de acordo com as seguintes diretrizes:

- Colocar palete de bacalhau congelado na plataforma;
- Elevar palete até ao nível da passadeira de abastecimento;
- Puxar saco de bacalhau congelado;
- Cortar e remover a embalagem;
- Encaminhar bacalhau congelado para o tapete de alimentação;
- Colocar embalagem no recipiente do lixo;
- Puxar próximo saco de bacalhau congelado e repetir o procedimento.

No processo de *Abastecimento* dos tanques de descongelação será fornecida formação adequada às operadoras que irão operar com o mecanismo instalado, uma vez que é necessário comandar a plataforma por via de comandos.

O desempenho das operadoras no *Abastecimento* dos tanques de descongelação será medido através de um indicador de produtividade semelhante ao da *Salga* do bacalhau, na Figura 45. Embora seja uma atividade desempenhada por operadoras externas à produção efetiva, é igualmente importante o controlo do desempenho destas.

### ***Higienização***

O processo de *Higienização* dos postos de trabalho é efetuado ao final do dia, e feito pelas operadoras do posto de trabalho de *Limpeza AB*. Tratando-se de uma atividade de preparação do posto de trabalho e não acrescentando valor ao produto final, pretende-se que esta seja tão breve quanto possível, assegurando o mesmo nível de qualidade de limpeza. Para tal, é feita uma inspeção visual da *Higienização* no final do dia, com o intuito de verificar se a limpeza foi bem executada.



A criação de uma norma de procedimento para a *Higienização* foi feita com o intuito de homogeneizar e padronizar o rendimento das operadoras, manter um bom nível de higiene e ainda de facilitar a possível integração de novas operadoras no processo. A norma é apresentada na Figura 5.27.

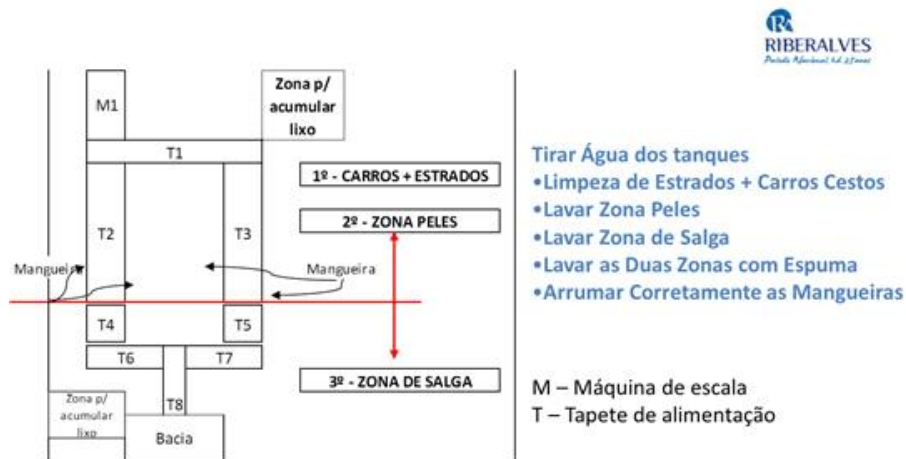


Figura 5.27 – Norma para *Higienização* dos postos de trabalho

### Salga

Após a implementação do automatismo foi criada uma norma de procedimento, de forma a padronizar e uniformizar o desempenho de todas as operadoras, agilizando também o processo de aprendizagem de novos membros na equipa. Irá também possibilitar um planeamento e controlo da produção mais assertivo, pois devido ao facto de todas as operadoras seguirem o mesmo procedimento irá reduzir a variabilidade do rendimento destas. A norma aplicada neste posto de trabalho é apresentada na Figura 5.28. A colocação do bacalhau no interior das tinas é importante devido à sobreposição. Se os peixes estiverem sobrepostos não irão estar em contacto directo com o sal, o que irá comprometer a sua cura.



Figura 5.28 – Norma para *Salga* do bacalhau



Com o intuito de estabelecer objetivos às operadoras, foi colocado um quadro com alguma informação relevante para que estas tenham uma perceção do trabalho que estão a desenvolver. Este quadro é apresentado na Figura 5.29, e consta a informação da produtividade da equipa em valor e em gráfico para uma melhor leitura, o objetivo diário e a quantidade produzida. A linha assinalada a vermelho é o objetivo pretendido para a produtividade de uma operadora, por kg, por hora.



Figura 5.29 – Indicador de produtividade da Salga do bacalhau

Em suma, através da implementação das normas e dos controlos visuais apresentados nesta secção, é expectável que as melhorias permaneçam em funcionamento. O controlo feito ao desempenho dos vários processos irá permitir:

- Previsão de produção mais assertiva com menos oscilações, devido à normalização dos procedimentos;
- Operadoras mais motivadas, através da criação dos objetivos diários;
- Integração de novas operadoras mais rápida, devido à normalização do procedimento a seguir nas tarefas;
- Nível de qualidade mais elevado
- Maior organização dos postos de trabalho

## 6. Conclusões e trabalho futuro

---

O presente capítulo tem como objetivo a apresentação das conclusões do trabalho desenvolvido. Numa primeira instância serão explicadas as elações referentes à metodologia DMAIC\_erg e às ferramentas e metodologias mais relevantes. De seguida as melhorias obtidas serão mencionadas, de forma conclusiva. Seguidamente serão apresentadas algumas barreiras encontradas no decorrer deste projeto, e por fim serão propostas algumas intervenções para trabalho futuro.

### 6.1. Conclusões

Através deste estudo é possível constatar o impacto que os princípios inerentes às filosofias *Lean* e Seis Sigma e à Ergonomia têm sobre a melhoria dos processos numa organização.

A metodologia DMAIC\_erg foi a metodologia concebida para este estudo, em função das oportunidades de melhoria. Foi utilizada como base estrutural deste estudo, demonstrando ser uma abordagem organizada e sequenciada aos problemas identificados. Esta metodologia consiste na complementaridade das filosofias *Lean* e Seis Sigma com princípios Ergonómicos, com o objetivo de melhorar e garantir o bom funcionamento das organizações, sob perspetivas diferentes. Qualquer um destes princípios visa a otimização, no entanto cada um tem o seu foco. É deste modo que a metodologia concebida para esta dissertação (DMAIC\_erg) é considerada uma mais-valia. Esta metodologia é de fácil implementação, com a vantagem de poder ser aplicada em qualquer outro estudo.

Para esta abordagem, e tendo presentes as principais preocupações (produtividade e Ergonomia), as oportunidades de melhoria foram identificadas na fase *Define* através da aplicação das ferramentas VOC e VOE, utilizadas para fundamentar a informação da ferramenta CTQ *tree*. As metas estabelecidas no *Project Charter* incluíram um aumento de produtividade de 10%, um aumento da capacidade produtiva de 15% e a melhoria dos processos do ponto de vista ergonómico.

Foram identificados e calculados os KPIs relevantes para o estudo na etapa *Measure*. Nesta etapa os questionários utilizados para identificação das melhorias são uma importante ferramenta para classificar o esforço físico percecionado pelas operadoras. Uma vez que estas foram inquiridas quanto ao esforço físico exigido antes e depois das melhorias implementadas, é possível assim quantificar a melhoria obtida. A ferramenta VSM foi um dos pilares deste estudo, na medida em que possibilitou a perceção de todo o fluxo produtivo da empresa, o seu desempenho e a quantificação do *output* obtido antes e depois da implementação das melhorias.

Com o intuito de analisar mais detalhadamente os problemas observados, foram utilizadas as ferramentas e metodologias adequadas à natureza de cada problema na fase *Analyze*. Para quantificar a exigência física na região lombar das operadoras foi utilizada a equação de *Niosh*. O diagrama de *Ishikawa* foi utilizado com o intuito de apurar as causas para os problemas na *Salga* e na *Higienização*, tendo-se revelado bastante útil para a identificação dos aspetos a melhorar. A ferramenta SMED foi abordada no *Abastecimento* dos tanques de descongelação do bacalhau, de modo a reduzir o tempo de preparação da produção para o dia seguinte, o que se revelou essencial.

Na fase *Improve* foi utilizada a metodologia 5S, que permitiu a organização da *Higienização* dos postos de trabalho. Após a implementação de todas as melhorias recorreu-se novamente ao VSM e aos KPIs definidos, de modo a quantificar a melhoria obtida.

Foi aplicada a padronização do trabalho e o controlo visual na fase *Control*, de modo a garantir a manutenção e boa prática das melhorias implementadas.

Todos os processos produtivos inerentes a este estudo (*Abastecimento*, *Escala*, *Limpeza AB* e *Salga*) sofreram alterações devido às melhorias implementadas, direta ou indiretamente. Na Tabela 6.1 é apresentada a evolução dos KPIs de cada um dos processos.

Tabela 6.1 – Evolução das medidas de desempenho dos processos

		KPIs					
		Produtividade		Capacidade produtiva diária		Carga física percebida	
		(kg/h/op)	Ganho observado	(kg)	Ganho observado	Likert (1 a 5)	Ganho observado
<i>Abastecimento</i>	Antes	1500	<b>8,3%*</b>	20000	<b>16,7%</b>	3,5	<b>37,1%</b>
	Depois	1636		24000		2,2	
<i>Escala</i>	Antes	3158	<b>0,0%</b>	20000	<b>16,7%</b>	1,9	<b>0,0%</b>
	Depois	3158		24000		1,9	
<i>Limpeza AB</i>	Antes	308	<b>4,9%</b>	20000	<b>16,7%</b>	1,3	<b>0,0%</b>
	Depois	324		24000		1,3	
<i>Salga</i>	Antes	500	<b>48,0%</b>	20000	<b>16,7%</b>	3,6	<b>44,4%</b>
	Depois	1000		24000		2,0	

\* Embora este valor tenha sido determinado a partir de uma simulação, é expectável um valor bastante semelhante no sistema a implementar.

A implementação das melhorias mencionadas neste caso de estudo proporcionou um aumento de capacidade produtiva diária de 20 para 24 toneladas de bacalhau, o que se traduz num aumento de 16,7%.

É expectável que o *Abastecimento* dos tanques de descongelação beneficie de um aumento de produtividade de 8,3% de acordo com o resultado obtido com a simulação, e o número de pessoas alocadas a este processo diminua de 10 para 2 operadoras. Este valor está abaixo do objetivo definido de 10%, no entanto esta tarefa deixará de ser crítica para a produção, uma vez que passará de *setup* interno para externo. Relativamente à redução de pessoas alocadas ao processo, este será mais demorado e deve-se ao facto de ser uma equipa externa, não constringendo assim a produção diária dos processos de *Escala*, *Limpeza AB* e *Salga*. Esta alteração permite ainda que o *Abastecimento* tenha um aumento de capacidade produtiva diária de 16,7%. A Ergonomia deste processo será outro aspeto melhorado, de onde as operadoras percecionaram uma melhoria de 3,5 para 2,2 pontos na escala de *Likert*. Este ganho traduz-se numa diminuição de 37,1% na carga física percecionada pelas operadoras.

O processo *Escala* não foi alvo de qualquer intervenção, no entanto o tempo de trabalho aumentou em 1 hora e 16 minutos. Este aumento deve-se ao facto de as operadoras não necessitarem de desempenhar o *Abastecimento*, o que se reflete num aumento de capacidade produtiva diária de 16,7%.

Relativamente ao processo *Limpeza AB*, a produtividade aumentou 4,9% devido à redução do tempo de *Higienização*. A capacidade produtiva diária deste processo também foi indiretamente influenciada pelas melhorias implementadas no *Abastecimento*, com um acréscimo de 54 minutos, ou seja, 16,7%.

No processo de *Salga* foi onde se registou o maior aumento de produtividade. Anteriormente esta tarefa era desempenhada por 6 operadoras, que processavam aproximadamente 3000 peixes por hora. Com o automatismo de salga automática este processo manteve praticamente a mesma cadência produtiva mas com apenas 3 operadoras, aumentando assim a sua produtividade em 48%. A capacidade produtiva diária também aumentou, devido ao aumento do tempo de produção em 1 hora e 20 minutos. Este aumento teve origem na eliminação do tempo de *setup* referente ao *Abastecimento* dos tanques de descongelação. Do ponto de vista ergonómico, a carga física percecionada pelas operadoras neste processo reduziu de 3,6 para 2,0 pontos na escala de *Likert*, o que se traduz numa melhoria de aproximadamente 44,4%.

Além destes ganhos observados, verificou-se ainda que o tempo despendido para a *Higienização* dos postos de trabalho *Escala* e *Limpeza AB* foi reduzido de 60 para 38 minutos diariamente, o que significa uma redução de 37%. Esta redução é reflexo de medidas corretivas e preventivas, com o intuito de minimizar a duração de uma tarefa que não acrescenta valor ao produto, garantindo a qualidade da *Higienização* efetuada. Deste modo as operadoras alocadas a esta tarefa passam menos tempo na *Higienização* e mais tempo no seu posto de produção, fator este que se traduz num melhor aproveitamento do tempo útil de trabalho.

Na Figura 6.1 é demonstrado o resultado das melhorias implementadas no aproveitamento do horário de trabalho das operadoras. Antes da implementação das melhorias, os processos *Escala*, *Limpeza AB*

e *Salga* paravam a sua produção a partir das 15h05m para proceder ao *Abastecimento* e à *Higienização*. Após a implementação das melhorias os mesmos processos interrompem a sua produção apenas a partir das 16h10m para proceder à *Higienização*, o que significa um aumento de produção em aproximadamente 1h05m.

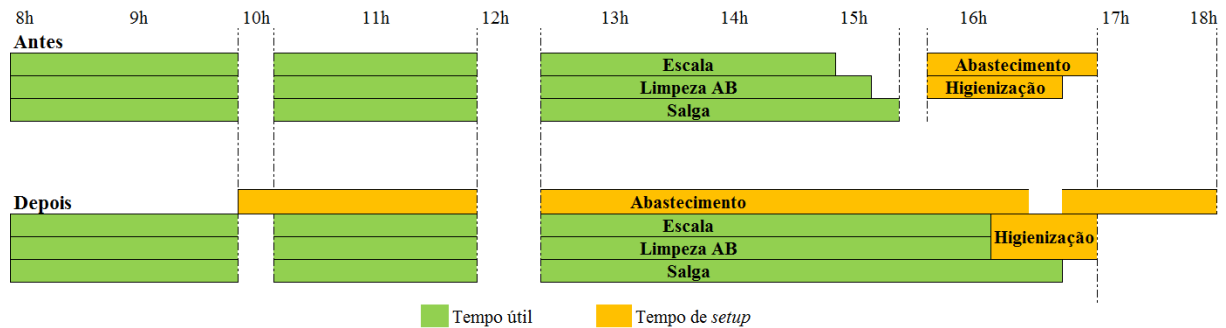


Figura 6.1 – Melhoria observada no aproveitamento do tempo das operadoras

Em suma, as melhorias implementadas tiveram um impacto positivo no rendimento dos processos, e as metas estabelecidas foram alcançadas. A equipa responsável pelo projeto procurou sempre a obtenção de bons resultados do ponto de vista produtivo, salvaguardando a saúde, o bem-estar e a segurança dos trabalhadores.

## 6.2. Barreiras encontradas

A duração deste estudo foi adequada para o desenvolvimento do projeto, excetuando a consolidação da fase *Control* da metodologia DMAIC\_erg. Sendo que nesta fase é feito o acompanhamento intensivo das melhorias implementadas, seria favorável um período de tempo mais extenso para o acompanhamento da assimilação dos novos métodos de trabalho, e para a estabilização da produção com os novos sistemas instalados.

Nas medições efetuadas, nos testes e simulações realizados, e na implementação das melhorias no decorrer do projeto houve sempre a preocupação de causar o mínimo constrangimento à produção, de modo a não comprometer as entregas da empresa, o que por vezes condicionou o desenvolvimento deste estudo.

O retorno financeiro criado por este projeto foi positivo, no entanto foi considerado confidencial por parte da empresa, pelo que não é apresentada a sua quantificação.

### 6.3. Trabalho futuro

Através da ferramenta VSM foi possível observar que o aumento da produção diária no *Abastecimento Escala*, *Limpeza AB* e *Salga* criou um desequilíbrio no fluxo produtivo contínuo da empresa. Anteriormente todos os processos estavam dimensionados para uma produção diária de 20 toneladas, no entanto os processos alvo de melhorias aumentaram a sua produção para 24 toneladas. Este desfasamento na produção irá gerar WIP, sendo que esta acumulação desnecessária de *stock* intermédio refletir-se-á nos processos a jusante em perdas de produtividade, espaço e de tempo. Como tal, torna-se prioritário melhorar os processos a jusante para voltar a nivelar todo o processo produtivo, de modo a assegurar um fluxo contínuo de produção sem WIP.

De todas as oportunidades de melhoria identificadas no início deste estudo, algumas foram diretamente identificadas como trabalho futuro devido à prioridade de outras. Na Figura 5.1 foram apresentados os problemas observados, que são descritos de seguida:

- Relativamente à falta de homogeneidade térmica do bacalhau nos tanques de descongelação, esta cria algum constrangimento no processo de *Escala*. Se o bacalhau estiver muito congelado, a máquina escaladora não consegue escalar o peixe devido à sua rigidez, o que faz com que a operadora tenha de recolocar o bacalhau nos tanques de descongelação e só depois retomar a sua produção. Uma solução possível a ponderar será um sistema de descongelação de bacalhau com maior eficácia que o existente.
- Relativamente ao processo de *Limpeza AB*, as operadoras têm ritmos diferentes, o que dificulta o planeamento e controlo da produção. Como solução, é aconselhável a normalização do procedimento e a formação das operadoras, de forma a equilibrar a cadências destas.
- A falta de reutilização de sal é um problema a ganhar cada vez mais relevo, devido à expressão do gasto da empresa nesta matéria-prima. Considerando que o sal pode ser lavado e novamente utilizado sem comprometer a qualidade da cura do bacalhau, existe a necessidade de reutilizá-lo da melhor forma possível, e assim reduzir o seu custo.
- No posto de trabalho de *Lavagem*, foram identificadas algumas oportunidades de melhoria que podem melhorar o *layout* do processo, aumentando assim a sua produtividade.
- Na *Seca* de bacalhau foi identificada falta de rendimento dos secadores, o que causa a ocorrência de retrabalho, no sentido em que o bacalhau que não está bem seco terá de entrar novamente no secador para fazer um novo ciclo de secagem.
- Relativamente ao embalamento, o automatismo instalado tem avarias com regularidade. Quando acontece, a equipa de manutenção tem de parar a linha para proceder à reparação, comprometendo assim o objetivo diário de produção.

As melhorias implementadas e intervenções futuras advêm de um espírito crítico presente na cultura da empresa, de modo a promover a melhoria contínua em toda a sua estrutura. Estes princípios deram origem ao desenvolvimento deste projeto, através de uma atitude pragmática com o intuito de fazer mais, e melhor. Deste modo a Riberalves irá estender o projeto a toda a sua estrutura organizacional, com o objetivo de ser melhor e mais competitivo no mercado, tal como deve ser encarada a melhoria contínua.

## Referências Bibliográficas

- Alvarez R.R., Antunes J.A.**, 2001. Takt-Time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção*. 8 (1) pp. 1-18.
- Arnheiter E.D., Maleyeff J.**, 2005. The integration of Lean Management and Six Sigma. Disponível em <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=842131&show=abstract>.
- Brook Q.**, 2010. Lean Six Sigma and Minitab: The Complete Toolbox Guide for All Lean Six Sigma Practitioners. 3<sup>st</sup> edition. Opex Resources.
- Carreira B.**, 2005. Lean manufacturing that works: powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits. New York: *American Management Association*.
- Cruz-Machado V.**, 2007. Perspectivas de Desenvolvimento da Produção Magra. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, Cusco. Disponível em <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/25/25-25.pdf>.
- Decker W.W., Stead L.G.**, 2008. Application of lean thinking in health care: a role in emergency departments globally. Disponível em <http://www.springerlink.com/content/7670gx771646u627/fulltext.pdf>.
- Decreto Lei nº 330/93** de 25 de Setembro. Ministério do Emprego e da Segurança Social. 1993. Disponível em: [http://www.igf.min-financas.pt/Leggeraldocs/DL\\_330\\_93.htm](http://www.igf.min-financas.pt/Leggeraldocs/DL_330_93.htm) , consultado pela última vez em 10/03/2014.
- Dul J.**, 2003. Man is the Measure of all Things. On human-centred design of products and processes. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management.
- Dul J., Neumann W.P.**, 2009. Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*. 40(4) pp. 745-752.
- Dul J., Bruder R., Buckle P., Carayon P., Falzon P., Marras W.S., Wilson J.R., Doelen B.**, 2012. A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics*. 55 (4) pp. 377-395.
- IEA**, 2000. Definition and Domains of Ergonomics. Disponível em <http://www.iea.cc/whats/index.html>, consultado pela última vez em 22/12/2013.
- Kaplan G.**, 2008. Advanced Lean Thinking – Proven methods to reduce waste and improve quality in health care. Illinois. Joint Commission on Accreditation of Health Care Organizations.
- Koukoulaki T.**, 2013. The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: An examination of sociotechnical trends over 20 years. *Applied Ergonomics*. 45 (2) pp. 198-212.
- Liker J.**, 2004. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. 1<sup>st</sup> edition. New York: McGraw-Hill.
- Lin C., Chen F., Wan H., Chen Y.M., Kuriger G.**, 2012. Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 29 (2013) pp. 95-103.
- Mast J., Lokkerbol J.**, 2012. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*. 139 (2) pp. 604-614.
- Melton T.**, 2005. The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83 (A6) pp. 662-673.



- Miles E.**, 2006. Improvement in the incident reporting and investigation procedures using process excellence (DMAI2C) methodology. *Journal of Hazardous Materials*, 130 pp. 169-181.
- Montgomery D.C., Woodall W.H.**, 2008. An Overview of Six Sigma. *International Statistical Review*. 76 (3) pp. 329-346.
- Nunes I.L.**, 2002. Modelo de Sistema Pericial Difuso para Apoio à Análise Ergonómica de Postos de Trabalho. Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Nunes I.L., Cruz-Machado, V.**, 2007. Merging Ergonomic Principles into Lean Manufacturing. *Industrial Engineering Research Conference*. Nashville – Tennessee. pp. 836-841.
- Nunes I.L., Costa A.F., Baptista A.F., Valério M.F.**, 2008. TPM e a Saúde e Segurança no Trabalho. *II Encontro Nacional de Riscos, Segurança e Fiabilidade: Riscos Públicos e Industriais*, Lisboa.
- Nunes I.L.**, 2012. Preface. *Ergonomics, A Systems Approach*. Nunes, I.L. (Ed). InTech
- Nunes I.L., Gouveia N., Figueira S., Cruz-Machado V.**, 2012. Integração da Ergonomia e da Segurança na Implementação Lean Six Sigma. Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Ohno T.**, 1996. O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman.
- Osada T.**, 1991. The 5S's: Five keys to a total quality environment. Tokyo. *Asian Productivity Organization*.
- Pepper L., Messinger M., Weinberg J., Campbell R.**, 2003. Downsizing and health at the United States Department of Energy. *American Journal of Industrial Medicine*. 44 pp. 481-491
- Suzaki K.**, 1993. The new shop floor management: empowering people for continuous improvement. 1ª edição. New York: Free Press.
- Suzaki K.**, 2010. Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a melhoria contínua. 1ª edição. Mansores: LeanOp Press.
- Waters T., Putz-Anderson V., Garg A., Fine L.**, 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*. 36 pp. 749-776.
- Waters T., Putz-Anderson V., Garg A.**, 1994. Applications Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation. Centers for Disease Control & Prevention. Disponível em: [http://www.lomag-man.org/manutention/documents\\_equamanutman\\_charges/pub1994equation\\_revisee\\_cdcpreventguide\\_lines.pdf](http://www.lomag-man.org/manutention/documents_equamanutman_charges/pub1994equation_revisee_cdcpreventguide_lines.pdf)
- Werkema C.**, 2006. Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. Belo Horizonte: Werkema Editora
- Wilson R.**, 2005. Guarding the line: score big by planning for worker safety while you implement lean. Disponível em: [http://www.kinesysauto.com/Studies/Industrial\\_Engineer\\_April\\_2005.pdf](http://www.kinesysauto.com/Studies/Industrial_Engineer_April_2005.pdf), consultado pela última vez em 10/01/2014.
- Wilson L.**, 2010. How to Implement Lean Manufacturing. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Womack J.P., e Jones D.T.**, 2003. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 2ª edição. New York: Free Press.
- Womack, J.P., Jones, D.T., e Roos, D.**, 2007. The Machine That Changed The World: The Story of Lean Production. 2ª edição. New York: HarperCollins.